



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

# Kohti hiilipörssiä?

**Suomessa esitetyt hiilipörssiin liittyvät aloitteet  
tutkimuskirjallisuuden ja kansanvälisen kokemusten valossa**

**Väinö Nurmi ja Markku Ollikainen**





Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:17

## Kohti hiilipörssiä?

Suomessa esitetyt hiilipörssiin liittyvät aloitteet tutkimuskirjallisuuden ja kansanvälisen kokemusten valossa

Väinö Nurmi ja Markku Ollikainen

Ympäristöministeriö

ISBN: 978-952-361-023-1 (PDF)

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2019

## Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö	15.7.2019	
Tekijät	Väinö Nurmi, Markku Ollikainen		
Julkaisun nimi	Kohti hiilipörssiä? Suomessa esitetyt hiilipörssiin liittyvät aloitteet tutkimuskirjallisuuden ja kansainvälisten kokemusten valossa.		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:17		
Diaari/hankenumero		Teema	Ympäristönsuojelu
ISBN PDF	978-952-361-023-1	ISSN PDF	2490-1024
URN-osoite	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-023-1">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-023-1</a>		
Sivumäärä	38	Kieli	suomi
Asiasanat	ilmastonmuutos, päästökauppa, hiilinielut		
<b>Tiivistelmä</b> <p>Julaisuudessa on ollut esillä useita aloitteita ja keskustelunavauksia Suomen ilmastopolitiikan suunnasta. Uutena asiana esillä ovat olleet hiilipörssit eli kauppajärjestelmät, joissa kaupan olisi päästöyksiköiden lisäksi hiilinieluista saatavat hiilinieluhyvitykset.</p> <p>Raportissa käsitellään taloustieteen näkökulmasta hiilinieluhyvityksiin ja hiilipörssiehdotuksiin sisältyviä teemoja. Näihin teemoihin kuuluvat hiilinieluhyvitysten ilmastollinen integriteetti ja markkinoiden taloudellisten instituutioiden ja käytäntöjen muodostaminen niin, että ne tukevat integriteettiä. Ilmastollisen integriteetin kannalta tärkeitä seikkoja ovat hiilinieluhyvitysten lisäisyys ja pysyvyys, hiilinieluhyvitysten ja päästöoikeusyksiköiden vastaavuus sekä hiilivuoto. Monet näistä kysymyksistä ilmenisivät hiilipörssissä hiilinieluhyvitysten vaihtosuhteiden määrittelynä, hyvityksiin liittyvinä transaktiokustannuksina ja markkinamekanismin kautta välittyvänä hiilivuotoriskinä.</p> <p>Julaisuudessa esitettyjä aloitteita voi arvioida näiden kysymysten osalta vain pinnallisella tasolla. Kirjallisuus ja kokemukset haastavatkin tehtyjä aloitteita kehittyneempään tarkasteluun.</p>			
Kustantaja	Ympäristöministeriö		
Julkaisun jakaja/myynti	Sähköinen versio: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Julkaisumyynti: <a href="http://julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi">julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi</a>		

## Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet	15.7.2019	
Författare	Väinö Nurmi, Markku Ollikainen		
Publikationens titel	Mot en koldioxidbörs? De i Finland framlagda initiativen om en koldioxidbörs mot bakgrund av forskningslitteraturen och internationella erfarenheter.		
Publikationsseriens namn och nummer	Miljöministeriets publikationer 2019:17		
Diarie-/ projektnummer		Tema	Miljövård
ISBN PDF	978-952-361-023-1	ISSN PDF	2490-1024
URN-adress	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-023-1">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-023-1</a>		
Sidantal	38	Språk	finska
Nyckelord	klimatförändring, utsläppshandel, kolsänkor		
<b>Referat</b> <p>I offentligheten har ett flertal initiativ och diskussionsunderlag om inriktningen i Finlands klimatpolitik varit aktuella. En nyhet som har diskuterats har varit koldioxidbörser, alltså handelssystem där handeln utöver utsläppsenheterna även skulle utgöras av de kompensationer som fås på grund av kolsänkorna.</p> <p>Teman som behandlas i rapporten är kompensationer på grund av kolsänkorna och förslag om en koldioxidbörs ur ett ekonomiskt perspektiv. Dessa teman innefattar miljöintegriteten i fråga om kompensationerna på grund av kolsänkorna och utformandet av de ekonomiska institutionerna och förfarandena på marknaden så att de stöder integriteten. Viktiga omständigheter från miljöintegritetens synpunkt är en ökad och varaktig kompensation på grund av kolsänkorna, en korrelation mellan denna kompensation och utsläppsrättsenheterna samt koldioxidläckage. På koldioxidbörsen skulle många av dessa frågor ta sig uttryck i preciseringar av bytesförhållanden i fråga om kompensationer på grund av kolsänkor, transaktionskostnader i anknytning till kompensationerna och risker för koldioxidläckage som förmedlas genom marknadsmekanismen.</p> <p>De initiativ som framförts i offentligheten kan gällande dessa frågor endast bedömas på en ytlig nivå. Litteraturen och erfarenheterna utmanar även att ta de framlagda initiativen till mer avancerad granskning.</p>			
Förläggare	Miljöministeriet		
Distribution/ beställningar	Elektronisk version: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Beställningar: <a href="http://julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi">julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi</a>		

## Description sheet

Published by	Ministry of the Environment		15.7.2019
Authors	Väinö Nurmi, Markku Ollikainen		
Title of publication	Towards a carbon exchange? Carbon exchange initiatives presented in Finland in the light of research literature and international experiences.		
Series and publication number	Publications of the Ministry of Environment 2019:17		
Register number		Subject	Environmental protection
ISBN PDF	978-952-361-023-1	ISSN PDF	2490-1024
Website address (URN)	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-023-1">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-023-1</a>		
Pages	38	Language	Finnish
Keywords	climate change, emissions trading, carbon sinks		
<b>Abstract</b>  Several initiatives and discussion openers concerning Finnish climate policy have received attention in the public discourse. A recent topic to emerge is the idea of carbon exchanges, or trading systems involving the trade of emissions units and carbon credits gained from carbon sinks.  This report explores themes related to carbon credits and carbon exchange proposals from the perspective of economics. These themes include the climate integrity of carbon credits and how to establish financial market institutions and practices in a way that supports integrity. From the perspective of climate integrity, the most important factors are the additionality and permanence of carbon credits, the correspondence between carbon credits and emission allowance units, and carbon leakage. Many of these issues would be significant in the carbon exchange when it comes to determining the exchange ratios for carbon credits, in the form of transactional costs related to credits, and when dealing with the carbon leakage risk transmitted through the market mechanism.  As regards their ability to tackle these questions, the initiatives presented in public can be assessed only at a superficial level. Literature and experiences challenge the existing initiatives to undergo more thorough and complex scrutiny.			
Publisher	Ministry of the Environment		
Distributed by/ publication sales	Online version: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Publication sales: <a href="http://julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi">julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi</a>		





# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	9
<b>2</b>	<b>Hiilinieluhyvityksiin liittyvä taloustieteellinen tarkastelu</b>	12
2.1	Päästöjen optimaalinen vähennystavoite, päästöoikeusmarkkinat ja hiilinieluhvitysten rooli	13
2.2	Lisäisyys	15
2.3	Hiilivuoto liittyen hiilinieluhvityksiin	16
2.4	Transaktiokustannukset	17
2.5	Pysyvyys	18
2.6	Erilaisia hiilinieluhvitysjärjestelmiä	19
<b>3</b>	<b>Vertailukohtia ja kokemuksia hiilinielujen liittämisestä päästökauppaan</b>	21
3.1	Kalifornian päästökauppajärjestelmä	21
3.1.1	Kokemuksia Kalifornian järjestelmästä	22
3.2	Uuden-Seelannin päästökauppajärjestelmä	24
3.2.1	Kokemuksia Uuden-Seelannin järjestelmästä	25
<b>4</b>	<b>Hiilipörssialoitteiden suhde Euroopan ja Suomen ilmastopolitiikkaan</b>	27
4.1	EU:n ilmastopolitiikan pääpiirteet lyhyesti	27
4.1.1	EU ETS ja kansainväliset päästöyksiköt	27
4.2	LULUCF-säädös ja aloitteiden yhteys Suomen ilmastopolitiikkaan	30
4.2.1	Linkit Suomen eri ilmastopolitiikan pilareiden välillä	31
<b>5</b>	<b>Johtopäätökset</b>	33
	<b>Lähteet</b>	37



# 1 Johdanto

Keskustelu Suomen ilmastopolitiikasta on ollut poikkeuksellisen vilkasta vuosina 2018 ja 2019. Julkisuudessa on ollut esillä aloitteita ja keskustelunavauksia liittyen siihen, mihin suuntaan Suomen tulisi ilmastopolitiikkaansa viedä. Näissä avauksissa on tuotu suomalaiseseen keskusteluun jokseenkin uutena asiana hiilipörssit, josta maailmalla on jo eri muodoissaan kokemuksia. Hiilipörssillä tarkoitetaan yleisesti ottaen kauppajärjestelmää, jossa kaupankäynnissä ovat mukana päästöyksiköiden lisäksi myös hiilinieluista saatavat hiilinieluhyvitykset. Hiilipörssi on mainittu useissa eri puheenvuoroissa niin yritysmaailman edustajien, politikkojen kuin akateemikkojenkin toimesta (esimerkiksi CLC, 13.6.2018; Mika Anttonen, St1, 10.12.2018; Juha Sipilä, 12.12.2018; Markku Kulmala, 5.4.2019). Kevään ja kesän 2019 mittaan näitä aloitteita on tarkennettu (esim. CLC, 11.6.2019; Kulmala ja Kallio-koski, 2019) niin pitkälle, että niiden lähempi tarkastelu kansainvälisten kokemusten ja tutkimuskirjallisuuden valossa on mahdollista.

Climate Leadership Coalition (tästä eteenpäin CLC) on yritysten, kaupunkien ja yliopistojen yhteenliittymä, jonka julkilausuttu tavoite on edistää hiilineutraaliutta sellaisella tavalla, joka varmistaa elinkeinoelämän kilpailukyvyn. (CLC kotisivut, 2019). Helmikuussa 2019 yhteenliittymän jäsenmäärä oli yli 50; yritykset edustavat arvoltaan noin 50 % Helsingin Pörssin arvosta. CLC:n puheenjohtajistossa toimii muun muassa Jorma Ollila. CLC julkaisi 13.06.2018 julkilausuman, jonka pääviestinä oli, että EU:n pitäisi tavoitella ilmastoneutraaliutta ja muuttaa ilmastopolitiikkaansa Pariisin sopimuksen mukaiseksi. Pääviesti oli jaettu kolmeen painopisteeseen. EU:n pitäisi 1) asettaa tavoite saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä, 2) sopia sitovasta hiilibudjetista ja 3) muokata 2030 ja 2040 tavoitteet hiilineutraaliustavoitteen mukaisiksi. CLC:n julkilausuman pääviesti on varsin lähellä Euroopan Komission tiedonantoa pitkän aikavälin visiota ilmastoneutraalista taloudesta vuoteen 2050 mennessä. (European Commission, 2019a).

Julkilausumassa ei otettu tarkempaa kantaa niihin mekanismeihin, joilla CLC haluaisi tavoitteet saavuttaa. Myöhemmissä puheissa ja lehdistötiedotteissa näitä mekanismeja on avattu tarkemmin. Joulukuun 10. päivä 2018, CLC:n varapuheenjohtaja Jorma Ollila, toi esille CLC:n toivomia politiikkainstrumentteja. Puheen pääviestinä oli uudentyypisen EU:n laajuisen päästökaupparatkaisun luominen. Tässä järjestelmässä käytettäisiin vertailukohtana

Kalifornian ja Quebecin päästökauppajärjestelmiä, ja lisättäisiin Euroopan päästökauppajärjestelmän sektorista kattavuutta, eli otettaisiin liikenne, teknisesti toteutettavat hiilinielut, metsät ja maatalousmaa mukaan järjestelmään. Näin syntyvä järjestelmä siirtäisi osia taakanjako- ja LULUCF-sektorista päästökaupan pariin. Vertailukohtana Ollila mainitsee, että Kalifornian järjestelmässä metsänomistajien on mahdollista saada tuloja myymällä metsänielun kasvattamisesta saatavia päästövähennyksiä päästökaupan piiriin.

Samassa 10.12.2018 järjestetyssä seminaarissa myös Mika Anttonen, energiayhtiö St1:n hallituksen puheenjohtaja, painotti tarvetta integroida EU:n ilmastopolitiikan pilarit, ja synnyttää näin hiilipörssi. Myös Anttonen puheenvuorossa korostui tarve saada hiilinieluhyvityksiä hiilinielujen synnyttämisestä. Jo aiemmin St1 (St1, 13.07.2018) on ilmoittanut olevansa mukana Helsingin yliopiston projektissa, jossa kehitetään hiilinielujen mittausjärjestelmää. Lehdistötiedotteessa projekti on myös kytketty hiilipörssiajatuksen, vaikka tarkka kytkentä näiden välillä ei esitetä. Kesäkuussa 13.6.2019 hiilinieluja käsittelevässä seminaarissa Mika Anttonen täsmensi hiilipörssialoitettaan. Ajatuksena olisi siirtyä yrityskohtaiseen regulaatioon, jossa yrityksille olisi asetettu päästökaton, joiden ylittämisen voisi kompensoida ostamalla päästövähentymän tai hiilinieluhyvityksen hiilipörssistä, tai maksamalla kiinteähintaisen kompensatiomaksun. (Anttonen, 13.6.2019).

Myös akatemiaprofessori Markku Kulmala on ilmoittanut tukevansa hiilipörssiajatusta. Kulmala painotti 5.4.2019 pidetyssä seminaarissa hiilinielujen tärkeyttä ilmastopolitiikassa, ja ehdotti hiilinielujen integroimista päästökauppajärjestelmään. Hänen esityksessään mainittiin myös kansainvälisten hiilinieluhyvitysten mukaanotto EU:n ilmastopolitiikkaan. Kulmala myös painotti mittausjärjestelmän luotettavuuden tärkeyttä tämän kaltaisen järjestelmän toiminnan kannalta. (Kulmala, 5.4.2019). 13.5.2019 julkaistussa hiilinieluja ja niiden mittaamista koskevassa raportissa ajatus hiilipörssistä toistui, samoin kuin kansainvälisten hiilinieluhyvitysten tuonti EU:n päästökauppajärjestelmään (Kulmala ja Kallio-koski, 2019). Raporttia on tarkoitus kuitenkin vielä päivittää kesän 2019 aikana, jolloin myös johtopäätökset saattavat muuttua.

Julkisuutta ovat saaneet myös aloitteet, joissa yksityiset henkilöt, kaupungit, ja yritykset voisivat kompensoida vapaaehtoisesti päästöjään hiilinieluhyvitysten avulla. Yksi esimerkki tällaisesta on väistyvän kansanedustajan Antero Vartian perustama Compensate-säätiö (Compensate-kotisivut, 2019). Tämä hanke poikkeaa edellisistä siinä, että hyvitykset ovat vapaaehtoisia eivätkä liity velvoitemarkkinoihin. Koska tätä aloitetta ei arvioida erikseen, todettakoon yleisesti, että vapaaehtoisten kompensatiomarkkinoiden toimivuuden analyysissä keskeistä on hyvitysten ilmastollinen kestävyys niin projekti- kuin järjestelmätasolla. Toinen kriittinen tekijä on se, että vapaaehtoiset kompensatiot edistävät käyttäytymisen muutosta pois fossiilisista päästöistä eivätkä legitimoivat päästöjä aiheuttavien käytäntöjen jatkumista. Kolmanneksi, vapaaehtoisten kompensatioiden tämänhetkinen skaala on erittäin pieni ja päästövähennyshyvityksiä tarjoavien hankkeiden määrä rajallinen.

Tässä raportissa käsittelemme taloustieteen näkökulmasta teorian, tutkimuskirjallisuuden sekä kokemusten valossa niitä kysymyksiä, joita hiilinieluhyvityksiin ja hiilipörssi-ehdotuksiin sisältyy. Näitä teemoihin kuuluu ennen muuta hiilinieluhyvitysten ilmastollinen integriteetti ja markkinoiden taloudellisten instituutioiden ja käytäntöjen muodostaminen niin, että ne tukevat integriteettiä. Ilmastollinen integriteettiin liittyvät sellaiset kysymykset kuten hiilinieluhyvitysten lisäisyys ja pysyvyys, hiilihyvitysten ja päästöjen vastaavuus ja hiilivuoto. Monet näistä kysymyksistä ilmenevät hiilimarkkinalla hiilinieluhyvitysten vaihtosuhteiden määrittelynä, hyvityksiin liittyvinä transaktiokustannuksina ja markkinamekanismin kautta välittyvänä hiilivuotoriskinä. Tehdyissä aloitteissa näitä hiilipörssin luomisen kannalta erittäin kriittisiä tekijöitä on otettu huomioon ainoastaan pinnallisella tasolla, esimerkiksi mainitsemalla hiilinielujen lisäisyysvaatimus (Anttonen, 13.6.2019) tai pysyvyysongelma (Kulmala ja Kalliokoski, 2019) ja epävarmuudet ja transaktiokustannukset (CLC, 11.6.2019). CLC haluaisikin käynnistää EU-tasoisen hankkeen, jossa uudenlaista järjestelmää ensin suunniteltaisiin ja alettaisiin sitten vasta toteuttaa. (CLC, 11.6.2019). Tällaiseen ehdotukseen voi hyvin yhtyä.

Analysoimme myös käynnissä olevia päästökauppajärjestelmiä, joissa hiilinieluhyvityksiä voi käyttää velvoitteiden täyttämiseen. Käytämme vertailukohtana Kalifornian päästökauppajärjestelmää ja siitä saatuja kokemuksia, sekä Uuden-Seelannin järjestelmää, joka on lähin esimerkki järjestelmästä, jossa eri sektorit on integroitu samaan päästökauppajärjestelmään. Uuden-Seelannin järjestelmässä toteutuu Mika Anttonen aloitteessa (13.6.2019) mainittu kiinteähintainen kompensatiomaksu. Lisäksi pohdimme ehdotuksia EU:n ja Suomen ilmastopolitiikan näkökulmasta.

Keskustelun pääpaino on sellaisten ehdotusten analysoinnissa, joissa hiilinieluhyvityksiä voisi käyttää ilmastopolitiikan velvoitteiden täyttämiseen. Tällaisia velvoitteita ovat esimerkiksi päästökauppavelvoitteet, jolloin yksikön ostaja voisi käyttää hiilinieluhyvityksen päästöoikeusyksikön sijasta päästökauppajärjestelmässä. Vaikka vapaaehtoinen kompensointi on rajattu tarkastelun ulkopuolelle, monet tässä raportissa käsitellyt ilmiöt koskevat myös hiilinieluhyvitysten käyttöä päästöjen vapaaehtoiseen kompensointiin. Esimerkiksi lisäisyyteen ja pysyvyyteen liittyvät ongelmat koskevat myös Compensate-säätiön toimintaa.

## 2 Hiilinieluhyvityksiin liittyvä taloustieteellinen tarkastelu

Hiilinieluhyvitysten osalta keskustelun pääpaino on metsissä niiden suuren hiilinielun ja hiilinielupotentiaalin takia: metsät edustavat noin 80 % kaikesta hiilivaihdosta, jota tapahtuu maanpäällisten ekosysteemien ja ilmakehän välillä. (FAO, 2014). On siis selvää, että ihmisten aktiviteetit liittyen uusien alueiden metsittämiseen, metsänviljelyyn, metsäkatoon ja sen ehkäisyyn sekä puutuotteiden käyttöön vaikuttavat maapallon hiilitaseeseen. Hiilinieluhyvitykset liitetäänkin useimmiten näihin aktiviteetteihin. (Van Kooten ja Johson, 2016). Hyvitysten tarkastelua varten on hyvä määrittää, mitä milläkin käsitteellä tarkoitetaan.

*Päästöyksikkö* (engl. emission unit) on yleiskäsite, jolla tarkoitetaan kaikkia yhden ekvivalenttisen hiilidioksiditonnin (1 tCO<sub>2</sub>e) suuruista päästöä tai päästövähennystä edustavia hyvin määriteltyjä yksiköitä. Yksikkö viittaa siihen, että näillä voidaan käydä kauppaa tai niistä voi saada yksikköhinnan tai tuen. *Päästöoikeusyksikkö* (engl. emission allowance) on viranomaisen myöntämä oikeus 1 tCO<sub>2</sub>e:n suuruiseen päästöön. *Päästövähennyshyvitys* (engl. emission reduction credit) viittaa jonkin standardin puitteissa myönnettyyn yksikköön, joka edustaa 1 tCO<sub>2</sub>e:n suuruista päästövähennysten perusuran ylittävää päästövähennystä. Päästövähennyshyvityksiä myönnetään pääasiassa päästövähennyksistä, jotka syntyvät päästökauppa- ja kannustinjärjestelmien ulkopuolella ja jotka ylittävät lakisääteiset vaatimukset. Hyvityksiä myöntävät alueelliset, kansalliset, kansainväliset tai vapaaehtoiset hyvitysjärjestelmät toteutuneita ja todennettuja päästövähennyksiä vastaan, kukin omien standardiensa mukaisesti. *Kansainvälisiä päästövähennyshyvityksiä* ovat esimerkiksi CER-yksiköt (Certified Emissions Reduction Units), joita myöntää kansainvälisen Kioton pöytäkirjan alainen puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism). Päästövähennyshyvityksiä voi käyttää moniin tarkoituksiin, esimerkiksi kansainvälisen sopimuksen tai päästökauppajärjestelmän asettaman velvoitteen tai kansallisen tavoitteen täyttämiseen, tai yritysten tai kansalaisten päästöjen vapaaehtoiseen kompensointiin. Useimmiten hyvitysten käyttö tavoitteiden saavuttamisessa on rajattu esimerkiksi hyvitystyyppin ja hyvitysten kokonaismäärän osalta. EU sallii tietyin rajoituksin Kioton pöytäkirjan puitteissa myönnettyjen päästövähennyshyvitysten käytön sekä päästökauppa- että ei-päästökauppasektorin velvoitteiden täyttämiseksi Kioton pöytäkirjan

kahden ensimmäisen velvoitekauden (2008–2020) ajan. EU:n Pariisin sopimukselle antama ensimmäinen hillintälupaus vuoteen 2030 asti on sen sijaan tarkoitus saavuttaa ilman kansainvälisiä hyvityksiä.

*Hiilinieluhyvitys* on puolestaan jonkin standardin puitteissa myönnetty yksikkö, joka edustaa 1 tCO<sub>2</sub>e:n suuruista hiilensidontaa. Tässä raportissa käsitellään hiilinieluhvitysten käyttöä päästövähennysyvitysten tapaan, ja tähän käyttöön liittyvää problematiikkaa. Julkisuudessa esitetyissä ehdotuksissa on mainittu myös kansainvälisten hiilinieluhvitysten ottaminen mukaan päästökauppajärjestelmiin, joten sivuamme myös kansainvälisiin päästövähennysyvityksiin liittyviä haasteita ja riskejä.

## 2.1 Päästöjen optimaalinen vähennystavoite, päästöoikeusmarkkinat ja hiilinieluhvitysten rooli

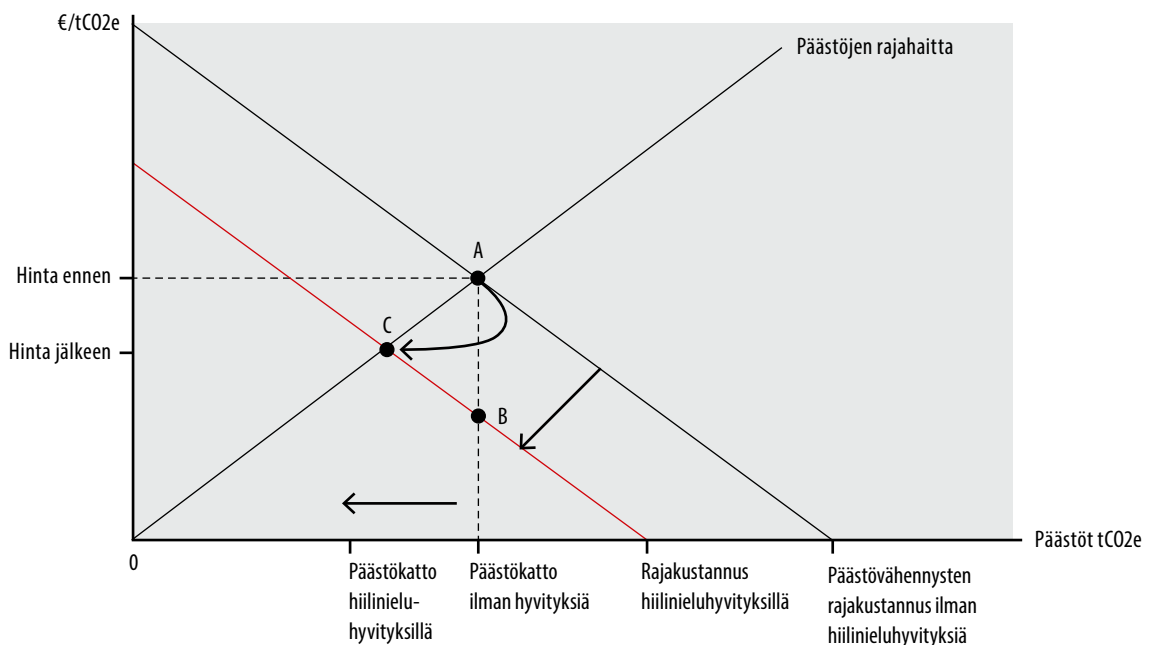
Päästökauppajärjestelmä tarkoittaa kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen ja vähentämiseen tähtäävää mekanismia, jossa viranomainen asettaa päästökaton järjestelmän piirissä olevien toimijoiden kokonaispäästöille, ja laskee liikkeelle kiintiötä vastaavan määrän päästöoikeusyksiköitä. Päästökauppatoimijat voivat käydä näillä yksiköillä keskenään kauppaa synnyttäen päästöoikeusmarkkinat. Sovituin väliajoin (EU:ssa kerran vuodessa) toimijat ovat velvollisia luovuttamaan päästökauppaviranomaiselle päästöjään vastaavan määrän päästöoikeusyksiköitä. Päästökauppajärjestelmä voi kattaa periaatteessa kaikki yhteiskunnan sektorit, mutta useimmiten järjestelmä kattaa vain osan sektoreista ja toimijoista. Järjestelmän ulkopuolelle jäävän toiminnan (EU:ssa taakanjakosektori ja LULUCF) aiheuttamia päästöjä pyritään vähentämään muilla ilmastopolitiikan mekanismeilla. Hiilipörssin perusajatuksena on integroida metsien hiilinielut osaksi päästöoikeusmarkkinoita.

Päästökauppajärjestelmän piirissä olevat yritykset vähentävät teorian mukaan päästöjään pisteeseen, jossa yhden päästöoikeusyksikön hinta on yhtä suuri kuin päästövähennyksen rajakustannus. Taloustieteen kannalta yhteiskunnallinen optimi on päästökauppajärjestelmässä tilanne, jossa päästökatto on asetettu niin, että päästöoikeusmarkkinoilla muodostuvassa tasapainossa päästöjen puhdistamisen rajakustannus ja päästöistä koituva rajahaitta yhteiskunnalle ovat yhtä suuret. Tätä optimia kuvaa piste A kuvassa 1, jossa päästövähennysten rajakustannuskäyrä ja päästöjen rajahaittakäyrä leikkaavat toisensa, eli rajakustannus on rajahaitan suuruinen.

Päästökauppajärjestelmä voi teoriassa hyötyä hiilinieluhvitysten hyväksymisestä velvoitteen täyttämiseksi päästöoikeusyksiköiden tapaan. Viimeinen yritysten tekemä päästövähennys on kustannuksiltaan todennäköisesti korkein, sillä helpot keinot päästöjen vähennykseen käytetään ensin. Tätä tarkoitetaan päästövähennysten nousevilla rajakustannuksilla. Monet

tai ainakin ensimmäiset hiilinielujen lisäämiseen tähtäävät toimet ovat todennäköisesti halvempia kuin viimeiset päästökaupan piirissä olevat päästövähennyskeinot. Päästökauppa-järjestelmän päästökaton edellyttämät päästövähennykset tulisivat siis halvemmaksi, jos hiilinielujen lisääminen laskettaisiin päästövähennykseksi ja sallittaisiin hiilinieluhuvelytyksen käyttö päästöoikeusyksikön tavoin. Metsänomistajat tuottavat lisäksi hiilinieluhuvelytyksiä siihen pisteeseen asti, jossa yhden yksikön luominen on rajakustannukseltaan tulona saatavan yhden päästöoikeusyksikön hinnan suuruinen. Kun hiilinieluhuvelytykset otetaan huomioon, niin yhteiskunnan rajakustannus päästöjen vähentämisestä laskee samoin kuin päästöoikeusmarkkinoilla syntyvä hinta. Tätä tilannetta kuvaa piste B kuvassa 1, jossa päästövähennysten rajakustannuskäyrä on nyt laskenut alemmalle tasolle.

Tilanne pisteessä B ei kuitenkaan ole yhteiskunnallinen optimi päästöjen vähentämiseen. Koska yhteiskunnallisesti on nyt halvempi vähentää päästöjään suhteessa yhteiskunnan kokemaan rajahaittaan päästöistä, päästökattoa tulee tiukentaa, kunnes päästövähennyksen rajakustannus ja yhteiskunnan kokema rajahaitta ovat yhtä suuret. Tätä tilannetta kuvaa piste C kuvassa 1, jossa alempi päästövähennysten rajakustannuskäyrä ja päästöjen rajahaittakäyrä risteävät. Lopputuloksena on yritysten kannalta halvempi järjestelmä vähentää päästöjä, pienemmät päästöt ja siten alemmat päästöistä koituvat haitat.



**Kuvio 1.** Päästöoikeusmarkkinat ja hiilinieluhuvelytykset; nouseva käyrä kuvaa päästöjen rajahaittaa, joka kasvaa päästöjen kasvaessa X-akselilla. Laskevat käyrät kuvaavat päästövähennysten rajakustannuksia, jotka laskevat päästöjen kasvaessa X-akselilla. Ylempi näistä kuvaa päästövähennysten rajakustannuksia, mikäli hiilinieluhuvelytysten käyttö ei ole sallittua. Alempi taas kuvaa aiempaa matalempia rajakustannuksia, mikäli hiilinieluhuvelytysten käyttö olisi sallittua.



Todellisuus on kuitenkin tätä perusmallia monimutkaisempi. Ensiksi, päästökattoa ei ole välttämättä asetettu yhteiskunnallisen optimin mukaisesti, vaan se on enemmänkin useiden valtioiden neuvottelun lopputuloksena syntynyt kompromissi. Esimerkiksi EU:n päästökauppajärjestelmän päästökaton asettaminen on ollut lähinnä iteratiivinen prosessi, jossa aikaisemmillä kausilla tapahtuneita virheitä ja puutteita on myöhemmin korjattu ja hienosäädetty. (Delbeke ja Vis, 2015). Toiseksi, hiilinieluhyvitysten tuomiseen mukaan markkinoille liittyy transaktiokustannuksia, jotka voivat johtaa siihen, että hiilinieluhvitysten tuottaminen ei olekaan päästövähennyksien tuottamista halvempaa. Kolmanneksi, jos hiilinielut olisivat syntyneet ilman hyvitysjärjestelmääkin, todellista lisäistä hiilensidontaa ei ole tapahtunut, mikä vesittää päästökaton kunnianhimon tasoa. Neljänneksi, hiilinielutoimien aikaansaama hiilensidonta ei vastaa kuin tietyin tiukoin edellytyksin pysyviä päästövähennyksiä. Viidenneksi, hiilinieluhvitysten synnyttäminen voi johtaa hiilivuotoon, jossa osa hiilinieluja yhtäällä kasvattavista toimenpiteistä johtaakin vähentyneisiin hiilinieluihin toisaalla. Käymme seuraavaksi läpi nämä ilmiöt.

## 2.2 Lisäisyys

Lisäisyys tarkoittaa hiilinieluhvitysten osalta sitä, että hiilinielujen kasvattamiseen tähtäävää toimenpidettä vastaan myönnetään hiilinieluhvityksiä vain siltä osin, kun hiilinielun kasvu on seurausta kyseisestä toimenpiteestä eikä olisi tapahtunut joka tapauksessa osana normaalikehitystä. Lisäisyys määritellään perusuran kautta, joka on laskennallinen arvio hiilinielun muutoksista ilman tiettyä toimenpidettä. Vain perusuran ylittävä osa hiilinielua on lisäistä.

Teoriassa lisäisyys ei ole välttämätön osa hiilinieluhvitys- tai tukijärjestelmää. Tahvonen ja Rautiainen (2017) ovat todistaneet, että yhteiskunnallinen optimi saavutettaisiin järjestelmällä, jossa jokaisesta sidotusta hiilitonnista palkittaisiin joko hiilinieluhvityksillä tai rahallisella tuella. Tällöin päästökatoista tulisi vähentää hiilinielujen perusuran suuruisen osuus. Mikäli tätä vähennystä ei tehtäisi, olisi seurauksena nielujen perusuran verran aiempaa suuremmat päästöt, eli seuraus olisi tuhoisaa ilmastopolitiikan tavoitteiden kannalta (Mason ja Plantinga, 2013). Jokaisesta sidotusta hiilitonnista palkitseva järjestelmä olisi myös erittäin vaikea valvonnan ja mittauksen osalta. Lisäksi tällainen tukijärjestelmä olisi myös erittäin kallis järjestelmä veronmaksajien kannalta, sen kustannukset olisivat noin seitsenkertaiset lisäisyyteen perustuvaan tukeen verrattuna. (Tahvonen ja Rautiainen, 2017). Lisäisyys on siis käytännössä välttämätön kriteeri hiilinieluhvitysjärjestelmässä.

Lisäisyyden määrittelyn haaste on perusuran, esimerkiksi business-as-usual-skenaarion (BAU-skenaario) luominen. Perusura voidaan määritellä myös esimerkiksi taloudellisen optimin perusteella. (Pihlainen ja Tahvonen, 2014). Perusuran määrittäminen on ratkaistu

eri tavoin eri järjestelmissä, tässä raportissa näitä ratkaisuja käsitellään Kalifornian ja Uuden-Seelannin osalta. Koska perusuraa ei koskaan havaita, mikäli politiikkatoimenpide on tehty, ei lisäisyyttä voida myöskään koskaan aukottomasti todistaa. Tulevaa perusuraa ja siten lisäistä hiilinielua ei voi mitata, vaan se tulee mallintaa. Pohjana voivat olla esimerkiksi taloudelliset mallit, jolloin perusurana käytetään taloudellisen optimoinnin tuloksena mallinnettua hiilinielun kehitysuraa. Lisäistä hiilinielua ei voi mitata luonnontieteellisin menetelmien avulla ja lisäisyyteen liittyy siis aina tietty mallinnukseen liittyvä epävarmuus. Tätä ei kuitenkaan tule käyttää argumenttina lisäisyysperiaatteen tärkeyttä vastaan, sillä se on kriittisen tärkeä tekijä sen varmistamiseksi, että nettopäästöt aidosti vähenevät toimenpiteiden seurauksena. (Mason ja Plantinga, 2013).

## 2.3 Hiilivuoto liittyen hiilinieluhyvityksiin

*Hiilivuodolla* tarkoitetaan hiilinieluhyvitysten osalta sitä, että yhtäällä tapahtunut lisäys hiilinieluissa johtaa hiilinielun vähenemiseen toisaalla. Hiilinielujen kasvattaminen vaatii joko maankäytön muutosta metsämaaksi, metsän kiertoaikojen pidentämistä tai hakkuista pidättäytymistä. Maankäytön muutos voi suuressa mittakaavassa vähentää maataloustuotantoa, ja metsänhoitokäytäntöjen muuttaminen puolestaan vähentää lyhyellä aikavälillä puutuotantoa. Molemmat nostavat tietyin edellytyksin maa- ja metsätalouden tuotteiden hintaa, ja kohoavan hinnan vuoksi näiden tuotteiden tarjonta kasvaa toisaalla aiheuttaen hiilivuotoa. (Van Kooten ja Johnson, 2016). Hiilivuodon uhka voidaan ottaa huomioon hiilinieluhyvitys-mekanismeja suunnitellessa, mutta sitä ei välttämättä onnistuta eliminoidaan kokonaan. Vapaaehtoisuuteen liittyvän hiilihyvitysjärjestelmän ongelmana on, että ne metsänomistajat, jotka tuottavat lisäisen hiilinielun, ovat oikeutettuja hyvitykseen ja liittyvät järjestelmään. Tämä vähentää hakkuista lyhyellä aikavälillä ja nostaa puun hintaa. Tämän aiheuttama kannustin järjestelmän ulkopuolisille metsänomistajille on taas kasvattaa hakkuista. Vapaaehtoisen järjestelmän aiheuttama hiilivuoto-ongelma johtuu tästä ristiriidasta; lisäisyydestä palkitaan, mutta perusuraan nähden vähentyneestä hiilinielusta ei rangaista.

Hiilivuotoa on tutkittu sekä teoreettisten että empiiristen mallien avulla. Murray ym. (2004) näyttivät, että hiilivuoto on kiinni markkinatarjontakäyrän ja markkinakysyntäkäyrän muodosta – mitä hintaherkempää tarjonta on hinnanmuutoksille ja mitä vähemmän hintaherkkää kysyntä on hintamuutoksille, sitä suurempi hiilivuoto. Lisäksi he havaitsivat, että vastoin arkijärkeä, hiilivuoto on suhteellisesti suurempi ongelma pienten projektien kuin suurten projektien tapauksessa – näissä tapauksissa hinta ei juurikaan nouse, mutta ennallaan säilyvä kysyntä täytetään nopeasti tarjontaa lisäämällä toisaalla. Koko Pohjois-Amerikan tasolle arvioituna nielujen kasvattaminen vähentämällä hakkuista julkisomisteisilla metsäalueilla johtaisi 87 % hiilivuotoon, eli hyöty jäisi 13 % tasolle, mikäli

muilla metsäalueilla tapahtuneita hakkuiden lisäyksiä ei rajoitettaisi ilmastopolitiikan avulla. Mikäli lisääntyneet hakkuut jouduttaisiin vastaavasti korvamaan ostamalla joko hiilinieluhyvityksiä tai päästöoikeusyksiköitä, vuoto jäisi vain 7–17 % tasolle. Tämä kuvastaa vapaaehtoisen ja pakollisen osallistumisen eroa. Vastaavanlaisia tuloksia ovat saaneet myös Gan ja McGarl (2007) globaalilla tasolla ja Nepal et al. (2013) Pohjois-Amerikan tasolla. Mikäli vapaaehtoinen järjestelmä palkitsisi vain lisäisestä hiilensidonnasta eikä hiilinielujen laskennallista vähentymistä tarvitsisi korvata, tulisi vain murto-osa (13–29 %) lisäisestä hiilinielusta hyvittää. Tätä suurempi hiilinieluhyvitys johtaisi siis liikahyvittämiseen, joka vain heikentäisi ilmastopolitiikan päästövähennystavoitteita. On kuitenkin muistettava, että hiilivuoto on ongelma vain, jos hiilinielulla on tarjontaa vähentävä vaikutus. Esimerkiksi tuottamattoman maatalous- tai joutomaan metsitys ei johda vastaavanlaiseen hiilivuoto-ongelmaan.

## 2.4 Transaktiokustannukset

Hiilinieluhyvittämiseen liittyy päämies-agentti-asetelma. Päämies olisi tässä tapauksessa hiilinieluhyvityksen hyväksyjä – eli esimerkiksi EU ETS-järjestelmä instituutiona – ja agenttina hiilinieluhyvityksiä tuottava metsänomistaja. (Van Kooten ja Johnson, 2016). Hiilinieluhyvityksien mukana syntyy transaktiokustannuksia, jotka liittyvät perusuran määrittämiseen, mittaukseen, valvontaan, vahvistamiseen, toimeenpanoon ja neuvotteluun. Transaktiokustannukset selittyvät osittain päämies-agentti-asetelmalla, ja osittain perusuraan ja mittaukseen liittyvillä kustannuksilla. Transaktiokustannukset nostavat yhden hiilinieluhyvityksen synnyttämisen rajakustannusta yli sen teoreettisen minimin.

Cacho ym. (2013) havaitsivat, että transaktiokustannukset ovat suurin este tuottaa hiilinieluhyvityksiä niissä järjestelmissä, joissa se on jo mahdollista. Erityisen kallista on pitkäaikainen ja maantieteellisesti laaja monitorointi ja perusuran määrittäminen yksilöllisesti erilaisille metsäprojekteille. Wunder ym. (2008) havaitsivat suuria mittakaavaetuja projektien koon ja transaktiokustannusten suhteen. Galik ym. (2012) havaitsivat, että perusuraan kohdistuva laskenta ja projektin alkuun liittyvät perustamiskustannukset (kuten kirjanpitojärjestelmän perustaminen) aiheuttavat kaikista suurimmat transaktiokustannukset. Myös he havaitsivat suuria mittakaavaetuja. Kun 100 hehtaarin projektin tapauksessa transaktiokustannukset voivat olla 100–220 dollaria hehtaaria kohden, niin 10000 hehtaarin projektin tapauksessa ne ovat enää murto-osa eli noin 0.55 dollarin ja 2.5 dollarin välillä hehtaaria kohden. Transaktiokustannuksista johtuen on todennäköistä, että vain suuret metsänomistajat voisivat liittyä hyvitysjärjestelmään, jos halvempia keinoja ratkaista perustamiseen, perusuran määrittämiseen ja monitorointiin ei löydetä.

## 2.5 Pysyvyys

Yhtä metsään sitoutunutta hiilitonnia ei voi käsitellä yhtenä päästövähennyshyvityksenä, koska yksi metsään sitoutunut hiilitonni ei pysy sitoutuneena ikuisesti, vaan päättyy esimerkiksi hakkuun tai luonnon tuhon, kuten metsäpalon tai myrskyn, jälkeen takaisin ilmakehään. Vastaavasti taas yksi tonni vältettyjä hiilidioksidipäästöjä, esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisen kautta, on taas käytännössä ikuisesti pois ilmakehästä. Tätä epäsymmetriaa kutsutaan hiilinielujen pysyvyys-ongelmaksi, (Mardland ym. 2001) ja sen ratkaiseminen hiilinieluhyvitysten osalta on keskeisen tärkeä osa järjestelmän toimivuuden osalta. Pysyvyysongelman ratkaisemiseen on kaksi pääpiirteiltään erilaista vaihtoehtoa (Mardland ym. 2001; Kim ym. 2008). Yksi mahdollisuus on hyväksyä se, ettei hiilinielu ole ikuinen, arvioida hyöty väliaikaisesta hiilivarastosta, ja myöntää hiilinieluhyvityksiä suhteuttaen väliaikaisen ja pysyvän hiilinielun ilmastohyödyn. Toinen mahdollisuus on tavoitella pysyvyyttä esimerkiksi pitkillä hanke-ajoina, ja suhteuttaa hiilinieluhyvitykset siihen riskiin, ettei nielu olisikaan pysyvä.

Jos hankkeissa tavoitellaan pysyviä hiilinieluja, riski nielun katoamisesta pitää siis ottaa huomioon. Esimerkiksi jos nielun menetyriskin ajatellaan olevan 50 %, hiilinieluista hyvitetään vain puolet – muiden vähennysten kuten hiilivuotovähennyksen jälkeen. Tämä vähennys luonnollisesti nostaa hiilinielun kustannusta yli sen teoreettisen minimitason.

Mikäli hiilinieluhankkeet eivät ole pysyviä, tulee väliaikaisen hiilivaraston ilmastohyöty laskea. Hyöty riippuu hankkeen kestosta, siitä lasketaanko mukaan hakkuiden jälkeinen hiilivarasto esimerkiksi puutuotteisiin, käytetystä diskonttokorosta ja hiilen rajahaitan aikakehityksestä. Otetaan esimerkiksi 5 vuoden hanke, joka tuottaa ensimmäisenä vuonna yhden lisäisen hiilinielutonnin. Oletetaan, että hankkeen loppuessa tämä hiilinielutonni katoaa. Hyöty on siis se, että ilmakehässä on viiden vuoden ajan yksi tonni vähemmän hiilidioksidia. Mikäli hiilen hinta olisi esimerkiksi 20 € tonnilta, olisi välitön hyöty 20 €. Vastaavasti haitta, mikäli hiilen hinta on edelleen 20 € tonnilta, olisi viiden vuoden päästä 20 € diskontattuna tähän päivään. Esimerkiksi 3 % diskonttokorolla laskettuna tämä haitta olisi  $((1,03)^{-5} * 20 \text{ €} = 17,25 \text{ €})$  17,25 €. Hankkeesta tuleva hyöty olisi siis  $(20 \text{ €} - 17,25 \text{ €} = 2,75 \text{ €})$  2,75 € eli noin  $(2,75 \text{ €} / 20 \text{ €} \approx \frac{1}{7})$  1/7 pysyvää hiilivarastosta. Tämä tarkoittaisi siis sitä, että hankkeen avulla voisi kompensoida 1/7 päästötonnia, tai vastaavasti siitä voisi saada 1/7 suuruisen hiilinieluhyvityksen. Sadan vuoden hankkeen tapauksessa hyöty taas olisi jo lähellä pysyvää päästövähennystä ja hiilinieluhyvityksiä voisi luovuttaa suhteessa

$$\frac{20 \text{ €} - (1,03)^{-100} * 20 \text{ €}}{20 \text{ €}} \approx \frac{19}{20}$$

19/20. Pitkillä hankeajoilla väliaikaisen hiilivaraston hyöty siis lähestyy pysyvän hiilivaraston hyötyä. Myös hiilivuokrausjärjestelmässä hyöty syntyy vastaavalla mekanismilla. Epävirallisissa puheissa on esiintynyt myös ajatus hiilinieluoptyoista, joissa hiilinieluhyvityksiä

voisi saada myös tulevista laskennallisista hiilinieluista. Näiden laskentaan ei ole vakiintuneita tapoja, mutta käytäntö on sama: tulevat nielut ja vapautumiset tulee diskontata nykypäivään. Toisaalta epävarmuus tulevasta nielusta pitää ottaa myös laskennassa huomioon.

Todellisuudessa metsähankkeet tietysti sitovat ja vapauttavat hiiltä jatkuvasti ja väliaikaisen hiilivaraston hyödyn laskeminen on todellisissa metsähankkeissa esimerkiksi verrattuna teknisesti vaativampaa, mutta itse laskennan logiikka on kuitenkin täysin vastaava. Laskenta vaatii mallin, joka arvioi eri ajankohtina syntyvät hiilinielut ja hiilenvapautumiset. Mallina voi olla esimerkiksi taloudellinen malli, joka laskee hiilen sitomisen ja vapautumisen erotuksen taloudellisen optimin (tai muulla lailla asetetun perusuran) ja politiikka-keinojen avulla saavutetun hankkeen välillä. Myöskään pysyvyyteen liittyvää laskentaa ei voi siis mitata luonnontieteellisten keinojen avulla. Mikäli osa hiilivarastosta säilyisi puutuotteissa ja se otettaisiin laskelmassa mukaan, olisi hyöty suurempi. Esimerkiksi EU:n LULUCF-säädöksessä (EU, 2018, säädös 2018/841) myös puutuotteisiin sitoutunut hiili otetaan mukaan laskelmissa. Puutuotteiden varastoa mallinnetaan hajoamisfunktioiden avulla, jotka on arvioitu eri puun lopputuotteille ja metsään kuolleiden puiden osille. (Pihlainen ym. 2014).

## 2.6 Erilaisia hiilinieluhyvitysjärjestelmiä

Kuten tässäkin raportissa on käynyt, hiilinieluhyvitysjärjestelmä ja sitä myöten hiilipörssi voidaan rakentaa hyvin eri tavalla. Keskustelu voidaan tiivistää pohdintaan siitä, kuka tuottaa positiivisen ja kuka negatiivisen ulkoisvaikutuksen, ja mihin ajankohtaan tämä vaikutus sijoittuu.

Positiivinen ulkoisvaikutus syntyy, kun hiilitonni sitoutuu metsään. Ensimmäinen valinta kohdistuu siihen, katsotaanko positiivisen ulkoisvaikutuksen kohdistuvan lisäiseen vai kokonaisnieluun. Mekanismit voidaan jakaa joko lisäisiin nieluihin tai kokonaisnieluihin perustuviin mekanismeihin. Jälkimmäiset järjestelmät tuottavat ongelmia. Ne ovat kalliita, jos hiilinieluja tuetaan yhteiskunnan varoin. Jos ne integroitaisiin päästökauppajärjestelmään, ne tuottaisivat niin paljon hiilinieluhyvityksiä, että ne romuttaisivat päästökaupan, mikäli nielujen perusuran suuruista vähennystä päästökatoista ei tehtäisi. Kokonaisnielujärjestelmä olisi myös poliittisesti vaikea toteuttaa, sillä siihen liittyisi massiivinen tulonsiirto metsänomistajille. Lisäisyys on siis käytännössä välttämätön kriteeri hiilinieluhyvitys-järjestelmässä.

Seuraavaksi on valittava perustuuko järjestelmä vapaaehtoisuuteen vai pakollisuuteen. Vapaaehtoisessa järjestelmässä palkitaan positiivisesta ulkoisvaikutuksesta eli lisäisestä

hiilensidonnasta, mutta ei rankaista negatiivisesta ulkoisvaikutuksesta eli hiilinielujen vähentymisestä perusuraan nähden. Kuten myöhemmin nähdään, vapaaehtoinen järjestelmä johtaa korkeaan hiilivuotoon, mikä tulee ottaa huomioon hyvityksien määrää laskettaessa.

Valinta tulee tehdä myös sen suhteen, mitä puihin sitoutuneelle hiilelle tapahtuu hakuiden jälkeen. Yksi vaihtoehto on katsoa, että metsänomistaja synnyttää positiivisen ulkoisvaikutuksen, ja päättäessään hakkuun jälkeen puun käytöstä puun uusi omistaja on vastuussa negatiivisesta ulkoisvaikutuksesta, joka syntyy kun hiili vapautuu puusta. Tässä tapauksessa kyseessä olisi bruttojärjestelmä, joka voisi perustua joko lisäisyyteen tai kokonaisnieluun. Bruttojärjestelmässä kaikkea hiilensidontaa käsiteltäisiin ikään kuin se olisi pysyvää. Pysyvyysongelma nähtäisiin puunkäytön ongelmana, mikä vaatisi puutuotteiden käyttäjille täysimääräiset velvoitteet hiilen hajoamiseen liittyen, mikä kuitenkin olisi erittäin vaikea toteuttaa. Realistisempi järjestelmä olisi nettojärjestelmä, jossa katsottaisiin positiivisen ulkoisvaikutuksen syntyvän kun hiili sidotaan, ja negatiivisen ulkoisvaikutuksen syntyvän välittömästi hakkuiden yhteydessä. Tässä tapauksessa voitaisiin palkita puutuotteiden käyttäjä hiilivaraston ylläpitämisestä. Näiden väliltä olisi järjestelmä, jossa puutuotteiden hiilivarasto laskettaisiin sen toteutumisen mukaan positiivisena ulkoisvaikutuksena, ja sen hyöty laskettaisiin mukaan hiilinieluhyvityksiin.

Sidotun hiilen pysyvyysongelma voidaan ratkaista myös vaatimalla pitkiä hankeajoja. Tällöin syntyneitä (lisäisiä) hiilinieluja voisi kohdella kuin pysyviä päästövähennyksiä. Esimerkiksi sadan vuoden hankkeen alussa lisätty hiilinielu on arvoltaan lähes yhden päästövähennyshyvityksen arvoinen.

Myös hiilen sidonnasta saatavaan maksusuoritteeseen liittyy valinta. Yksi valinta olisi tehdä hyvityksiä sitä mukaa, kun hiiltä sitoutuu, ja vaatia takaisinmaksu sitä mukaa, kun hiiltä vapautuu takaisin ilmakehään. Tämänlainen järjestelmä on käytössä Uudessa-Seelannissa. Toisena vaihtoehtona on suorittaa maksu koko projektin osalta heti, niin että väliaikaisen varaston hyöty on laskettu jaksossa 2.5 kuvatulla tavalla. Myös hiilivuokrajärjestelmää on ehdotettu, jossa päästöoikeusyksikön voisi luovuttaa vasta, kun hiilinieluhyvitys mitätöityy hiilidioksidin vapauduttua ilmakehään.

Välikommenttina voi todeta, että alussa esitetyissä hiilipörssialoitteista ei esitetä miten näitä valintoja haluttaisiin ehdotetussa järjestelmässä ratkaista.

### 3 Vertailukohtia ja kokemuksia hiilinielujen liittämisestä päästökauppaan

Osa hiilipörssialoitteista mainitsee Kalifornian päästökauppajärjestelmän vertailukohtana jota kohti EU:n ilmastopolitiikkaa tulisi viedä. Myös Uuden-Seelannin päästökauppaan on liitetty metsäsektori. Nämä kauppajärjestelmät tarjoavat ensikäden tietoa siitä, kuinka nettopäästöjen, eli päästövähennysten ja hiilihyvitysten liittäminen päästöoikeudenhinnan ohjaamana voi onnistua. Ne auttavat arvioimaan, mihin Suomessa esitettyjen aloitteiden toteuttaminen käytännössä voisi johtaa.

#### 3.1 Kalifornian päästökauppajärjestelmä

Vuonna 2006 Kaliforniaan perustettiin päästökauppajärjestelmä osavaltion ilmasto- ja energiapolitiikan ohjauskeinoksi. Päästökauppajärjestelmä on sektorilaajuudeltaan kattava, mutta suurin osa päästövähennyksistä esimerkiksi liikennesektorilla toteutetaan muilla ohjauskeinoilla. Metsäsektori ei ole mukana Kalifornian päästökaupassa, mutta metsäpohjaisia hiilinieluhuvelytyksiä voi käyttää päästöoikeuksien ohella täyttämään toimijoiden velvoitteita. Hiilinieluhuvelytysten käyttö on rajoitettu 8 %:iin päästöistä kotimaisten hiilinieluhuvelytysten osalta ja 4 %:iin kansainvälisten hiilinieluhuvelytysten osalta. Järjestelmä hyväksyy viisi erilaista standardia päästöhyvitysyksiköiden luomiseksi, mukana ovat myös Yhdysvaltain metsäprojektit. Kaliforniassa on vuodesta 2006 toiminut California Air Resources Boardin (ARB) The Forest Offset Protocol -ohjelma (FOP), joka todentaa kansallisia hiilinieluhankkeita Kalifornian päästökauppajärjestelmään. FOP:iin on mahdollista liittää metsähankkeita liittyen uudelleenmetsitykseen, hiilen sidontaa edistävään metsänhoitoon ja metsäkadon välttämiseen. Kaikki hanketyypit kestävät vähintään 25 vuotta, jonka jälkeen ARB voi hyväksyä hankkeen jatkumisen seuraavaksi kaudeksi. Uudelleenmetsityshankkeessa metsitetään alue, joka ei sido hiiltä sen nielupotentiaalista huolimatta; aluetta ei saa päätehakata ensimmäisten 30 vuoden aikana. Hiiltä sitovassa

metsänhoidossa metsän harvennusta ja kiertoaikaa muutetaan siten, että biomassan määrä kasvaa perusuraan nähden. Metsäkatoa ehkäisevissä välttämissä hankkeissa taas säilytetään sellainen metsä, joka tulisi perusurassa hakatuksi ja jonka maankäyttötyyppi vaihtuisi. Saadakseen hankkeen hyväksytyksi metsänomistajan on osoitettava, että metsämaan markkina-arvo toisessa maankäyttötyypissä olisi suurempi kuin maan pitäminen metsämaana. Eri maankäyttötyyppien markkina-arvon perusteella arvioidaan maankäyttötyypin muutoksen kohteeksi joutuva metsän määrä, ja hiilinielun perusuran määrittelyssä otetaan huomioon tämä laskennallinen vähentymä hiilinieluissa. Hiilinieluhyvityksiä voi siis saada välttämällä maankäyttötyypin muutoksen. (Marland ym. 2017).

Kalifornian järjestelmässä hiilinieluhyvityksiä voi saada ainoastaan lisäisestä hiilensidonnasta. Kaikissa tapauksissa laaditaan ARB:n hyväksymillä menetelmillä perusura, johon toteutunutta hiilivarastoa verrataan. Hiilivarantoa mallinnetaan tilastollisin menetelmin, ja toteutunut hiilivarasto mitataan 12 vuoden välein. Mallinnetun hiilivaraston ja perusuran hiilivaraston erotus on perustana hiilinieluhyvityksille. Mikäli hanke loppuu 25 vuoden hankekauden jälkeen, tulee hiilivarasto säilyttää vähintään 100 vuotta. Tällä pyritään turvaamaan hiilivaraston pysyvyys. (Marland ym. 2017).

ARB:n järjestelmä on esimerkki vapaaehtoisesta lisäisyyteen perustuvasta järjestelmästä, jossa myös puutuotteiden varastosta voi saada hiilinieluhyvityksiä; ARB on arvioinut erilaisille puusta tuotettaville tuotteille säilymisaikoja. Hiilinieluhyvityksiin tehdään lisäksi vähennyksiä pysyvyyteen liittyviin riskeihin liittyen, 11–28 % hyvityksistä laitetaan hankkeen arvioidusta riskitasosta riippuen reserviin. Hiilivuodon riskiin liittyen tehdään 20 % vähennys metsänhoitoon perustuville hankkeille, ja 10–50 % vähennys uudelleenmetsityshankkeille.

### 3.1.1 Kokemuksia Kalifornian järjestelmästä

Vaikka Kalifornian järjestelmässä on mahdollista kompensoida hiilinieluhyvityksillä vain 8 % kokonaispäästöistä, vastaa tämä suurta osaa – jopa 56 % – niistä päästövähennyksistä, joita päästökauppajärjestelmän avulla pyritään saavuttamaan. (Ramo, 2014; Haya, 2018). Vaikka tulevaisuudessa hiilinieluhyvitysten suhteellinen osuus tuleekin pienemään, on päästövähennysten osalta erittäin tärkeää, että hiilinieluhyvitykset perustuvat todellisiin, lisäisiin ja pysyviin hiilinieluihin.

Kuten edellä on mainittu, lisäisyyden todentaminen on vaikeaa. Anderson ym. (2017) tutkivat lisäisyyttä jakamalla metsänomistajat voittoja tavoitteleviin metsänomistajiin ja voittoja tavoittelemattomiin metsänomistajiin ja lisäksi vertaamalla hankkeisiin sitoutuneiden metsänomistajien aiempia hakkuupäätöksiä. He olettivat, että yksityiset metsänomistajat tavoittelevat metsänhoidolla voittoja. Anderson ym. (2017) pitivät todisteena lisäisyydestä sitä, että hankkeen toteuttaja oli yksityinen metsänomistaja, sillä heidän hypoteesinsa



mukaan voittoa tavoittelematon metsänomistaja tuottaisi lisäyksen muutenkin. Tämän hypoteesin perusteella lisäisyys näytti todennäköiseltä. Lisäksi hakkuiden vähentyminen pystyttiin osoittamaan tilastollisesti yksityismetsänomistajien suhteen. Lopputuloksena tutkimuksessa todettiin, että lisäästä hiilensidontaa oli saavutettu.

Suurena esteenä järjestelmään osallistumiselle ovat olleet korkeat transaktiokustannukset. Aloittamiskustannukset voivat nousta lähelle 100 000 dollaria yksittäiselle hankkeelle, ja kustannukset pinta-alaa kohti laskevat luonnollisesti merkittävästi hankkeen koon kasvaessa. Tämä on aiheuttanut sen, että Kalifornian järjestelmässä on mukana lähinnä suuria hankkeita; hankkeiden keskimääräinen pinta-ala oli vuonna 2005 4000 hehtaaria, ja 80 % hankkeista oli yli 1200 hehtaarin kokoisia. Kerchner ja Keetonin (2015) analyysin mukaan hankkeen koon tulee olla vähintään 600 hehtaaria ollakseen kannattava, jos hiilinieluhyvityksen hinta on 15 ja 20 dollarin välillä. Vertailukohtana mainittakoon, että Suomessa vain 5 % metsistä kuuluu yli 100 hehtaarin omistukseen.

Hiilivuotoon liittyvät kysymykset on ratkaistu Kalifornian järjestelmässä hiilinieluhyvityksiin tehtävillä vähennyksillä. Kirjallisuuden perusteella nämä vähennykset ovat selvästi mallinnettua ja todennettua hiilivuotoa matalammat vapaaehtoisen järjestelmän osalta. Tuoreen raportin mukaan Kaliforniassa hyväksytyjen hiilinieluhyvitysten osalta hiilivuoto olisi 80 %, kun vähennykset ovat hankkeesta riippuen vain 20 % tai 10–50 %. Tämä on ilmastollisen integriteetin kannalta ongelmallista, sillä jos todelliset hiilinielulisykset ovat pienemmät kuin luovutetut hyvitykset, korvataan ei-todellisilla hiilinieluilla todellisia päästövähennyksiä. Todellinen päästövähennys jää aiottua pienemmäksi. Tämä näyttäisi toteutuvan Kalifornian osalta. (Haya, 2019). Hayan johtopäätöksiä on kritisoitu ARB:n toimesta esimerkiksi kyseenalaistamalla käytetyn pohjatutkimuksen soveltuvuus vertailukohtana Kalifornian hiilivuodolle (ARB, 30.5.2019). Toisaalta muutkin hiilivuotoon liittyvät tutkimukset ovat antaneet johdonmukaisesti samansuuntaisia tuloksia. (esim. Gan ja McCarl, 2007; Nepal et al. 2013).

Haya (2019) huomauttaa, että Kalifornian järjestelmään liittyy myös aikaan liittyviä epä johdonmukaisuuksia. Ongelma liittyy perusuran laskemiseen, sillä laskettu hiilivaranto ajanhetkellä 0 on usein pienempi kuin todellinen hiilivaranto. Laskelmassa oletetaan, että ilman hyvitystä metsänomistaja suorittaisi hakkuun ajanhetkellä 0 perusuran tasolle. Näin järjestelmä jakaa hyvityksiä jo hyvin aikaisessa vaiheessa hankkeille. Hankkeen perustaja hyötyy siis tässä tapauksessa perusurasta, jossa hiilinielu on alussa arvioitu varovaisesti. Toisaalta hiilivuotoriskiinkin liittyvä vähennys arvioidaan 100 vuoden ajalla tapahtuville arvioiduille vähentyneille hakkuille. Tässä tapauksessa taas oletetaan tasainen vuosittainen hakkuumäärä. Biologisesti mahdoton yhtälö johtaa siihen, että metsänomistajaa hyvitetään etupainoisesti, ja vähennyksiä tehdään takapainotteisesti. Tämän takia hankkeet käynnistyvät usein nettovaikutuksiltaan negatiivisina ilmastopolitiikan tavoitteisiin nähden; tosin tästäkin johtopäätöksestä on erimielisyyttä. (ARB, 30.5.2019).

## 3.2 Uuden-Seelannin päästökauppajärjestelmä

Uuden-Seelannin päästökauppajärjestelmä käynnistettiin vuonna 2008, osana Uuden-Seelannin pyrkimystä saavuttaa sille asetetut päästövähennystavoitteet. Verrattuna vuoteen 1990, päästöjä pitäisi vähentää 5 % vuoteen 2020 mennessä, 11 % vuoteen 2030 mennessä ja 50 % vuoteen 2050 mennessä. Työn alla on myös lakiesitys, joka nostaisi tavoitetasoa aiemmista lukemista (Uuden-Seelannin ympäristöministeriö, 2019). Alun perin järjestelmään oli tarkoitus saada poikkeuksellisen laaja sektorikattavuus, sisältäen myös maa- ja metsätalouden. Vuonna 2012 maatalous kuitenkin irrotettiin järjestelmästä. Tämä oli merkittävä muutos, sillä maanviljelyyn liittyvät päästöt ovat noin puolet Uuden-Seelannin kokonaispäästöistä. (Leining ja Kerr, 2016). Metsätalous on järjestelmässä kuitenkin edelleen mukana, tietyin edellytyksin.

Uuden-Seelannin päästökauppajärjestelmä ei perustu päästökattoon. Alun perin sen oli tarkoitus toimia Kioton pöytäkirjan järjestelmän alla, ja käyttää ainoastaan Kioton pöytäkirjan joustomekanismeja päästöoikeusyksiköiden tarjoajana; vuodesta 2008 vuoteen 2015 Kioton päästöyksiköitä sai käyttää ilman rajoitusta päästöyksiköiden kompensointiin. Vuonna 2012 päätettiin, ettei Uusi-Seelanti osallistu Kioton pöytäkirjan toiseen velvoitekauteen ja sen seurauksena järjestelmä irrotettiin vuonna 2015 Kioto-järjestelmästä, ja nyt Uuden-Seelannin valtio vastaa päästöoikeusyksiköiden tarjonnasta. (Diaz-Reeney ja Tullock, 2016). Pääsyynä linkin purkamiseen pidettiin kansainvälisten päästöyksiköiden alhaista hintatasoa, joka johti siihen, ettei Uuden-Seelannin päästöoikeusyksiköille ollut kysyntää ulkomailla. Alhainen hintataso johti siihen, että velvoitemarkkinoilla käytettiin lähinnä kansainvälisistä hankkeista syntyneitä päästövähennyshyvityksiä ja samalla kotimaisten päästöoikeusyksiköiden ilmaistarjontaa ja tallettamismahdollisuus johtivat päästöoikeuksien suureen rakenteelliseen ylijäämään. Lisäksi kansainvälisiin päästövähennysyksiköihin liittyvillä laatuongelmilla oli osasyynsä linkin purkamiseen. (Leining ja Kerr, 2016).

Kuten sanottua, metsätalous on tietyin osin Uudessa-Seelannissa osa päästökauppajärjestelmää. Uuden-Seelannin järjestelmä on osittain pakollinen nettojärjestelmä, jossa kaikista hiilinieluista (ei vain lisäisistä) hiilinieluista saa hyvityksen, mutta nielen vähennykset tulee korvata täysimääräisenä. Metsänomistajat tulevat järjestelmään kahdella eri mekanismilla: 1) vapaaehtoisesti; 1989 jälkeen istutetut metsät voidaan liittää järjestelmään, tai 2) pakollisesti; ennen vuotta 1990 istutetut metsät ovat automaattisesti mukana järjestelmässä.

Vuoden 1989 jälkeiset metsät voidaan siis rekisteröidä päästökaupamarkkinan osapuoliksi. Lisäykset hiilinielussa oikeuttavat päästöoikeusyksiköihin ja nielen vähennykset pitää korvata ostamalla päästöoikeusyksiköitä toisaalta. Osallistujilla on velvollisuus tiettyjen standardien mukaisesti pitää kirjaa hiilivarastostaan; korvata pienentyneet hiilinielut päästöoikeusyksiköillä; tiedottaa hallintoa, jos metsänomistusoikeus muuttuu; ja korvata saadut päästöoikeusyksiköt, jos metsä irrotetaan myöhemmin järjestelmästä.

Ennen vuotta 1990 istutetut metsät ovat mukana järjestelmässä metsäkadon osalta. Jos ennen vuotta 1990 istutettu metsä kohtaa metsäkadon, on metsäkadon aiheuttava hiilinielun vähentyminen korvattava päästöoikeusyksiköillä, tai hakkuut on korvattava uudella metsänistutuksella viimeistään neljän vuoden aikana. Tavanomainen metsänhoito on siis rajattu järjestelmän ulkopuolelle, ja ainoastaan pysyvä maankäyttötyypin muutos tulee korvata. (Uuden-Seelannin ympäristöministeriö, 2018).

### 3.2.1 Kokemuksia Uuden-Seelannin järjestelmästä

Edellä mainitut järjestelmän piirteet tähtäävät seuraaviin tavoitteisiin (Carver ym. 2017): i) vähentää ennen vuotta 1990 istutetun metsän metsäkatoa ja kannustaa uudelleenistutukseen; ii) kannustaa vuoden 1989 jälkeisen metsän istutukseen ja uudelleenmetsitykseen; iii) ja kannustaa vuoden 1989 jälkeisen metsän kiertoaikojen pidentämiseen.

Kaiken kaikkiaan järjestelmä on toiminut heikosti. Manley ym. (2016) ja Carver ym. (2017) mukaan järjestelmän vaikutus metsän hiilensidontaan on ollut minimaalinen, jos vaikutusta ylipäätään on ollut. Syitä tähän on monia.

Metsäkadon välttäminen ennen vuotta 1990 istutetuissa metsissä ei ole onnistunut. Ennen vuotta 1990 istutetun metsän kohtelu tuli tietoon jo ennen järjestelmän aloitusta, jolloin suuria määriä metsää hakattiin ja muutettiin toiseen käyttöön, jotta myöhemmin syntyvä korvausvelvollisuus vältettäisiin. (Carver ym. 2017). Vastaavasti kansainvälisten päästövähennyshyvitysten heikko hintataso johti vuosina 2009–2011 suureen metsäkatoon, koska pelkona oli taas tulevaisuuden korkeampi hintataso. Samaan aikaan myös maidon hinta nousi ja kannustin muuttaa metsämaata maatalousmaaksi maidontuotantoa varten oli korkea. Pelko tulevasta korkeammista seuraamuksista johti jopa nuoren metsän kaatoon; metsä kaadettiin keskimäärin 23–24 vuotiaana vuonna 2010, kun pitkän aikavälin keskimääräinen päätehakkuikä Uudessa-Seelannissa on 27–30 vuotta. (Leining ja Kerr, 2016). Analyysi osoittaa, kuinka tuhoisia laajan järjestelmän kerrannaiset riskit yhdistyneenä strategiseen käyttäytymiseen voivat olla.

Uudelleenistutukseen ja metsittämiseen liittyvät tavoitteet ovat onnistuneet myös huonosti. Raakapuun alhainen hintataso ja päästöoikeusyksiköiden alhainen hinta eivät ole johtaneet tarvittaviin kannustimiin uudelleenistutuksen ja metsittämisen suhteen. Leining ja Kerr (2016) toteavat, ettei järjestelmä ole onnistunut nostamaan tavoitetta yli ennustetun perusuran.

Kiertoaikojen pidentämiseen johtavia kannustimia on tarjottu niille metsänomistajille, jotka ovat päättäneet rekisteröidä vuoden 1989 jälkeen istutetun metsän. Vuonna 2017 järjestelmään oli rekisteröity noin 45 % sallituista metsistä. Transaktiokustannusten korkeuden takia tämä luku pitää sisällään lähinnä suurtilallisia metsänomistajia.

Vapaaehtoisuuden myötä kannustin liittyä järjestelmään syntyy vasta, kun suuret hakkuut on saatu tehtyä. Hakkuiden jälkeen metsänomistajien on muutenkin kannattavaa antaa metsän kasvaa ilman harvennuksia. Tämä on johtanut siihen, että metsänomistajat ovat saaneet metsänieluhyvityksiä sellaisestakin metsänhoidosta, joka olisi tapahtunut joka tapauksessa. Vastaavasti hakkuita on voitu jopa aikaistaa, jotta järjestelmään liittyminen myöhemmin olisi kannattavaa. (Leining ja Kerr, 2016). Lisäksi tämän kaltainen vapaaehtoinen järjestelmä, joka ei perustu lisäisyyteen, johtaa etupainotteisiin hyvittämiseen hiilinieluista, sillä vain ne liittyvät järjestelmään, joilla ei ole pelkoa hiilinielujen vähentämisen korvaamisesta. Positiiviset vaikutukset tulevat vasta myöhemmin, jos hakkuita joskus tulevaisuudessa tullaan välttämään korvausvelvollisuuden takia.

## 4 Hiilipörssialoitteiden suhde Euroopan ja Suomen ilmastopolitiikkaan

Suomen kansallinen ilmastopolitiikka toimii Euroopan Unionin ilmastopolitiikan toimintaympäristössä. EU asettaa jäsenvaltioille sekä kansallisia velvoitteita ja saattaa jäsenmaat toimimaan yhteisten mekanismien (päästökauppa) kautta. Jäsenvaltioilla on myös mahdollisuus tehdä kunnianhimoisempaa ilmastopolitiikkaa kuin EU edellyttää. Myös hiilipörssialoitetta tulee arvioida EU:n ilmastopolitiikan ja Suomen kansallisten velvoitteiden näkökulmasta.

### 4.1 EU:n ilmastopolitiikan pääpiirteet lyhyesti

EU:n ilmastopolitiikan päätavoite on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Päästövähennystavoitteita verrataan useimmiten perusvuoteen 1990; päästövähennystavoitteet ovat vuoteen 1990 suhteutettuna 20 % vuoteen 2020 mennessä, 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 80–95 % päästövähennys vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi 2050 strategiaan on kirjattu visio ilmastoneutraaliudesta vuoteen 2050 mennessä. Päästövähennystavoitteita kohdistetaan kolmeen pääalueeseen: EU:n päästökauppajärjestelmä (EU ETS), joka kattaa noin 40 % päästöistä; taakanjakosektori, joka kattaa noin 45 % päästöistä; ja LULUCF, joka kattaa noin 15 % päästöistä. Näiden lisäksi EU:lla on tavoitteita liittyen energiatehokkuuteen ja uusiutuvan energian käyttöön liittyen, ja nämä ovat osin päällekkäisiä EU ETS:n ja taakanjakosektorin tavoitteiden kanssa.

#### 4.1.1 EU ETS ja kansainväliset päästöyksiköt

EU ETS on päästökauppajärjestelmä, joka asettaa päästökaton niille sektoreille, jotka ovat liitetty mukaan järjestelmään. Järjestelmään sisältyy ajan mukana kiristytvä päästökatto, joka johtaa päästöoikeuksien ajassa kiristyvään alkujakoon. EU ETS on toteutettu eri kauppakausin. Ensimmäinen kauppakausi, 2005–2007, oli tarkoitettu harjoittelua ja kokemuksen keräämistä varten. Toisella kauppakaudella, 2008–2012, tavoitteena oli saavuttaa 8 %

päästövähennys vuoteen 2005 verrattuna. Ensimmäisellä ja toisella kauppakausilla päästöoikeusyksiköt luovutettiin pääosin ilmaiseksi. Tällä hetkellä meneillään olevalla kolmannella kauppakaudella on tavoitteena 21 % päästövähennys, ja 40 % osuus päästöoikeusyksiköistä huutokaupataan. Päästökattoa on vähennetty vuosittain 1,74 % tahtia. Neljännellä kauppakaudella, joka ajoittuu vuosiin 2021–2030, vähennystahti on 2,2 % per vuosi. Ilmaisjako keskittyy sektoreille, joilla on suurin vaara hiilivuotoon. Lisäksi ilmaisjakoperuste on muutettu ns. grandfather-tavasta benchmark-tapaan, jossa jakoperusteena on alan benchmark-päästötaso.

EU ETS:n alaiset sektorit ovat saavuttaneet päästövähennystavoitteensa, mutta silti EU ETS:n investointeja ohjaava vaikutus on asetettu kyseenalaiseksi. Kyseenalaistamisen syynä ovat siis olleet ajoittain alhainen hintataso, jolla ei ole katsottu olevan riittävää investointeja ohjaavaa vaikutusta, sekä suuri kumulatiivinen päästöoikeuksien ylijäämä. Toisesta kauppakaudesta lähtien päästövähennysyksiköiden tallettaminen yli kauppakausien oli sallittua, samoin kuin kansainvälisten päästöyksiköiden käyttö, tosin rajatuin edellytyksin. Talouskriisin osuessa kohdalle toisen kauppakauden aikana, oli näiden seurauksena päästöoikeusyksikön hinnan merkittävä laskeminen ja suuri kumulatiivinen ylijäämä. Yhden päästöoikeusyksikön hinta laski alimmillaan 2012–2013 4–6 euron tuntumaan.

Päästökaupan toimivuuden haasteisiin on sittemmin vastattu useammalla eri mekanismilla. Kolmannella kauppakaudella yksiköitä kerättiin talteen myöhempää huutokauppaamista varten (ns. backloading) ja vuodesta 2019 voimaan tuli markkinavakautusmekanismi, jonka avulla säädetään liikkeellä olevien päästöoikeuksien määrä. Mikäli päästöoikeuksien kokonaisylijäämä on yli 833 miljoonaa yksikköä, ylijäämää siirretään markkinavakausvarantoon. Ensimmäisen viiden vuoden ajan 24 % huutokaupattavista päästöistä siirretään reserviin ja sen jälkeen 12 %. Kun kokonaisylijäämä laskee alle 400 miljoonan yksikön, aletaan reservistä siirtää päästöoikeusyksiköitä takaisin huutokauppaan 100 miljoonan yksikön vuosittaisella tahdilla. Lisäksi markkinavakautusmekanismissa voi olla vain edellisen vuoden huutokaupatun määrän verran yksiköitä reservissä, jolloin vuonna 2023 sen ylimenevä reservin osuus mitätöidään. (Silbye ja Sörensen, 2018). Samaan aikaan myös kansainvälisten päästöyksiköiden käyttäminen on rajoitettu ja neljännellä kauppakaudella niiden käyttö lopetetaan kokonaan. Päästöoikeusyksikön hinta on vuoden 2019 ajan ollut noin 25 euroa.

EU ETS salli käytettävän kansainvälisiä päästöyksiköitä ensimmäisellä, toisella ja kolmannella kauppakaudella. Yksiköitä sai Kioton pöytäkirjan alaisista Joint Implementation (JI) ja Clean Development Mechanism (CDM) hankkeista. Näiden käyttöä on jatkuvasti rajoitettu niin laadullisesti kuin määrällisesti. Toisella kauppakaudella käyttö oli rajoitettu LULUCF-hankkeiden ja ydinvoimahankkeiden suhteen, jolloin niihin liittyvistä hankkeista syntyneitä päästövähennyshyvityksiä ei saanut käyttää EU ETS:ssa. Lisäksi hyvityksiä sai käyttää tietyn suhteellisen osuuden mukaan sektorin kokonaispäästöistä, osuus vaihteli

eri EU-maiden välillä. Kolmannella kauppakaudella vain ennen vuotta 2013 rekisteröidyt ja aloitetut hankkeet hyväksyttiin, ja näidenkin tapauksessa vain hankkeista, jotka sijoittuvat vähiten kehittyneisiin maihin. Neljännellä kauppakaudella kansainvälisiä päästöyksiköitä ei enää hyväksytä markkinoille.

EU:n ilmastopolitiikka on ollut kiristyvää kansainvälisten päästövähennyshyvitysten käytön suhteen. Yksi syy kiristymiselle on yllämainittu päästöoikeuksien ylitarjonta; toisen kauppakauden kumulatiivinen ylitarjonta oli 1300 miljoonaa tonnia, josta kansainväliset päästöyksiköt selittävät noin 1000 miljoonaa tonnia (Delbeke ja Vis, 2015). Toisaalta kansainvälisten päästövähennyshyvitysten käytön rajoittaminen on liittynyt myös niiden laadullisiin ongelmiin. Esimerkiksi Cames ym. (2016) havaitsivat CDM-hankkeita tutkiessaan, että 85 % hankkeista ei täyttänyt täysin vaadittua lisäistä päästövähentymää, ja päästövähennysten määrää oli liioiteltu. Muita ongelmia on liittynyt muun muassa kaksoislaskentaan, jossa kansainväliset päästöyksiköt lasketaan niin niitä tuottavassa maassa kuin niitä käyttävässäkin maassa. Kaksoislaskenta tapahtuu usein myös epäsuorasti erilaisista kirjausmenetelmistä johtuen. (Schneider ym. 2015).

Pariisin sopimuksen Artikla 6 koskee kansainvälistä yhteistyötä päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa. Artiklaan sisältyy mahdollisuus kansainvälisten päästövähennyshyvitysten (internationally transferred mitigation outcomes, ITMC) käyttöön sen jälkeen, kun hiilikirjanpitoon liittyvät kansainväliset standardit ovat valmiit ja kansainvälinen säännöstä on saatu luotua. (EU, 2019b). Kaksoislaskentariski on merkittävä syy sille, ettei Artikla 6:ssa tarkoitettuja (CDM/JI-kaltaisia) kansainvälisiä päästöyksiköitä tuottavia mekanismeja ole vielä saatu luotua. Alunperin mekanismeista oli tarkoitus sopia COP24-kokouksessa Puolan Katowicessa, mutta koska mekanismeihin liittyvästä kansainvälisestä säädöstöstä ei ole päästy sopuun, mekanismien luominen on siirretty alustavasti COP25-kokoukseen Chileen. Michaelowa ym. (2019) mukaan menee vielä vähintään vuosia, kun kansainvälisiä päästöyksiköitä tuottavat mekanismit ovat mahdollisesti käytössä.

Kansainvälisiin hyvityksiin on lisäksi huomattu liittyvän erittäin epätoivottuja kannustimia: esimerkiksi haitallisten HCF-23- ja SF6-kaasujen vähentämisestä on voinut saada päästövähennyshyvityksiä verrattain halvoilla ratkaisuilla. Tämä taas on johtanut näiden käytön lisääntymiseen, jotta päästövähennyshyvityksiä voisi saada myöhemmin taas käytön vähentämisestä. (Schneider ja Kollmuss, 2015).

Aloitteissa mainittu hiilipörssin ulottaminen koskemaan myös kansainvälisiä hiilinieluhankkeita vaikuttaa siis olevan EU:n viimeaikaista kehityskulkua vastaan. Haluttomuus hyväksyä kansainvälisiä nieluhyvityksiä liittyy luvussa 2 mainittujen ongelmien lisäksi myös kaksoislaskennan aiheuttamiin haasteisiin ja EU ETS:n löysästä päästökatoista juontuviin kannustinongelmiin.

## 4.2 LULUCF-säädös ja aloitteiden yhteys Suomen ilmastopolitiikkaan

Vuonna 2016 Euroopan komissio julkisti aloitteen LULUCF-ilmastopolitiikan uudistamiseksi osana EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan kehystä. LULUCF-säädös 2018/841 vahvistettiin vuonna 2018 (EU, säädös 2018/841). Säädöksen tavoitteena on vähentää päästöjä LULUCF-sektorilta ja lisätä hiilinieluja. Sädös ei aseta määrällisiä tavoitteita kansallisten hiilinielujen suhteen vaan asettaa niin kutsutun no-debit-säännön LULUCF-sektorin kansallisille nettohiilinieluille. Tämä tarkoittaa sitä, että kasvihuonekaasupäästöt LULUCF-sektorilla pitää kompensoida täysimääräisesti vastaavilla nieluilla. Mikäli tähän tavoitteeseen ei päästä, tulee päästöt kompensoida päästövähennyksillä taakanjako-sektorilla tai hankkimalla päästökiintiöitä tai nieluhyvityksiä muilta jäsenmailta, jotka ovat ylittäneet omat tavoitteensa joko taakanjako- tai LULUCF-sektorissaan. LULUCF-säädöksen tilinpitoluokat ovat metsitetty maa, metsäkatoalue, hoidettu viljelymaa, hoidettu ruohikkoalue ja hoidettu metsämaa. Vuodesta 2026 alkaen mukana on myös hoidettu kos-teikko. Jäsenmaiden on pidettävä kirjaa päästöistä ja poistumista jokaisen tilinpitoluokan osalta.

Suomen kannalta pinta-alallisesti suurimpaan luokkaan kuuluu maa, joka on ilmoitettu pysyväksi metsämaaksi. Hoidetun metsämaan osalta avainasemassa on metsien hiilinielun vertailutaso. Metsien vertailutaso on arvio siitä, kuinka suureksi metsämaan keskimääräinen, vuotuinen hiilinielu muodostuisi, jos metsien osalta jatkettaisiin kestävä metsänhoidon käytäntöjä siten kuin vertailukaudella 2000–2009. Vertailutason tarkoitus on käytännössä varmistamaan kansallisen LULUCF-ilmastopolitiikan lisäisyys. Sitä vastoin vertailutasossa ei oteta huomioon skenaarioita politiikkapäätösten vaikutuksista metsänhoitokäytäntöihin tai puun kysynnän kehitykseen liittyen. Tästä johtuen esimerkiksi kasvaneesta bioenergian käytöstä johtuvaa hiilinielun laskua ei oteta vertailutasossa huomioon. Tällaisten poliittisten muutosten aiheuttama paine nieluille aiheuttaisi laskenallisesti pienemmän nielun, ja laimentaisi siis ilmastopolitiikkaa. (Nabuurs ym. 2018). Toisaalta bioenergiasta koituvat päästöt eivät ole muiden ilmastopolitiikan pilareiden velvoitteiden alaisia.

Jäsenvaltioiden tuli laskea ja toimittaa vertailutasolaskelmansa komissiolle vuoden 2018 loppuun mennessä. Suomessa laskelmista vastasi Luonnonvarakeskus (LUKE). Luke julkisti laskelmansa 12.12.2018 (LUKE, 2018). LUKE:n laskelmien mukainen vuosittainen hiilinielu Suomelle on -34.77 miljoonaa CO<sub>2</sub>e-tonnia ottaen huomioon puutuotteiden varaston, ja -27.88 miljoonaa CO<sub>2</sub>e-tonnia ilman puutuotteita. Sitten laskentaa on tarkistettu sieltä löytyneiden virheiden vuoksi. Komissio tekee vuonna 2019 tilinpitosuunnitelmista sekä metsien vertailutasolaskelmista suosituksia vertailutason tarkistamiseksi. 12.4.2019 jäsenmaiden nimittämä työryhmä totesi, ettei Suomen arvio tuota EU-lainsäädännön edellyttämää lopputulosta. (YLE, 12.4.2019).



#### 4.2.1 Linkit Suomen eri ilmastopolitiikan pilareiden välillä

Linkit eri Suomen ilmastopolitiikan pilareiden välillä on kuvattu pääpiirteissään kuvassa 2. (Kaipainen, 2018).



**Kuvio 2. Suomen ilmastopolitiikan pilarit ja linkit niiden välillä**

Kuvassa 2 mukana ei ole mukana joustomekanismeja eri päätilinpitoluokkien välillä. LULUCF-sektorin sisällä metsämaan laskennallista nettonielua voi käyttää korvaamaan päästöjä muiden LULUCF-sektorin tilinpitoluokkien sisällä. Tämä jousto on rajoitettu 3.5 %:iin Suomen vuoden 1990 vertailuvuoden päästöihin verrattuna. Puutuotteiden nieluja voi käyttää kuitenkin täysimääräisesti LULUCF-kirjanpitoluokkien sisällä. Lisäksi Suomessa on käytössä metsäjousto, jonka suuruus on -44,1 miljoonaa CO<sub>2</sub>e-tonnia. Sitä voi käyttää metsän laskennallisen päästölähteen korvaamiseen tiettyjen ehtojen toteutuessa. Kuten sanottua, taakanjakosektorilla tehdyillä päästövähennyksillä voidaan kompensoida laskennallista LULUCF-päästölähdettä.

Lisäksi mikäli LULUCF-nielu on kokonaisuudessaan positiivinen, voi LULUCF-sektorin tuottamaa laskennallista poistumaa käyttää taakanjakosektorilla. Tämä kompensatio on rajoitettu Suomen osalta 1.3 prosenttiin vuoden 2005 taakanjakosektorin päästöistä. Tämä tarkoittaa Suomen osalta noin 4.5 miljoonan CO<sub>2</sub>e-tonnin mahdollisuutta vuosien 2021–2030 osalta. Lisäksi mahdollinen ylimääräinen nettopoistuma on mahdollista myydä niille maille, joilla LULUCF-sektori on laskennallinen päästölähde.

Suomen osalta merkityksellistä optimaalisen politiikkakeinovalikoiman suhteen on myös se, ovatko taakanjakosektorilla tehtävät päästövähennykset vai LULUCF-sektorilla tehtävät toimenpiteet kustannuksiltaan halvempia. Aiheesta on jonkin verran analyysia, esimerkiksi Pihlainen ym. (2014) laskivat, että metsien osalta hiilinielun kasvattamisen rajakustannus voi olla alimmillaan vain 6 € CO<sub>2</sub>e-tonnia kohden. Toisaalta kallein lisäinen hiilinielu

oli tutkimuksessa kustannukseltaan moninkertainen alimpaan verrattuna (Pihlainen ym. 2014). Lisäksi mallinnettua rajakustannusta nostaa tässäkin raportissa esiteltyt vähennykset liittyen mm. transaktiokustannuksiin ja hiilivuotoon, joten suorana vertailuarvona tätä ei voi pitää. Taakanjakosektorilla rajakustannukset ovat yleensä kuitenkin olleet paljon suuremmat. (European Commission, 2010).

## 5 Johtopäätökset

Tässä raportissa on käsitelty useissa aloitteissa esiintynyttä hiilipörssiä, eli järjestelmää, jossa lähes kaikki sektorit olisivat mukana päästökauppajärjestelmässä, ja jossa voisi käyttää päästöoikeusyksiköiden ohella myös hiilinieluhyvityksiä. Hiilinieluhyvityksiä voisi synnyttää aloitteiden mukaan joko järjestelmän sisällä tapahtuvilla tai kansainvälisillä hiilinieluhankkeilla. Identifioimme lukuisia hiilinieluhyvitysjärjestelmän luomiseen ja toimintaan liittyviä perustavanlaatuisia valintoja. Näihin kuuluu lisäisyyden käsittely, pysyvyysongelman syvällisempi ratkaisu, hiilivuoto-ongelman ratkaisu, kaksoislaskenta-ongelman ratkaisu, valintaa vapaaehtoisesta tai pakollisen järjestelmän välillä ja transaktiokustannusten hallinta. Kirjallisuus ja kokemukset haastavatkin tehtyjä hiilipörssialotteita kehittyneempään tarkasteluun, eikä aloitteita voi nykyisellään pitää vakavasti otettavina ehdotuksina.

Tässä raportissa esitetty analyysi osoittaa, kuinka ohueen tietopohjaan Suomessa esitetyt aloitteet rakentuvat. Kulmalan ja Kalliokosken (2019) aloitteessa pysyvyysongelma on mainittu ja yhdeksi ratkaisumalliksi on esitetty pitkiä hankekausia. Anttonen (13.6.2019) mainitsee lisäisyysperiaatteen osana hiilipörssialoitettaan. Lisäksi CLC:n laajennetun päästökaupan yhteydessä on lueteltu kriteereitä, joita teknisten tai luonnollisten nielujen tulee täyttää, jotta ne voisivat olla mukana järjestelmässä. (CLC, 11.6.2019).

Tehtyjen aloitteiden motivaatioissa on tiettyä eroa. Mika Anttosen ehdotuksen taustalla on keskeisesti huoli siitä, että päästökaupasta koituvat huutokauppatulot eivät päädy ilmastotoimiin. Huoli on mielestämme osin perusteltu, mutta ilmastorahoitusta voitaisiin edistää muillakin toimin. Esimerkiksi EU voisi ottaa päästökaupan huutokauppatuloista suuremman osuuden käyttöönsä ja kanavoida sen mittaviin hankkeisiin, joilla joko vähennetään päästöjä kehitysmaissa tai kasvatetaan nieluja. CLC:n ehdotuksessa on enemmän kyse ilmastopolitiikan yhdenmukaistamisesta ja ohjaavuuden parantamisesta.

Ehdottoman kannatettavaa on CLC:n ehdotus tutkimuksesta koskien hiilipörssien piirteitä ja ilmastorahoituksen lisäämistä. Annettuna hiilihyvityksiin liittyvät epävarmuudet, ei ole a priori mitenkään selvää, mikä yhdistelmä johtaa nettopäästöjen nopeimpaan vähenemiseen. Nielujen ja päästöjen järkevä yhdistäminen voi olla tehokkain ratkaisu, mutta

hiilivuodon ja muiden ongelmien vuoksi yhtä lailla tehottomin. Juuri tätä pitäisi tutkia ennen kuin julistetaan tarve radikaalisti muuttaa nykyistä ilmastopolitiikkaa. Taloustieteen perusopetuksiin kuuluu se, että taloudellisten reformien ja aloitteiden osalta tarvitaan tietty etenemisjärjestys. Ensiksi on tarpeen aloitteen teoreettinen analyysi, sitten eri ratkaisumallien vaikutusten numeerinen simulointi, jotta nähdään, mihin suuntaan erilaiset valinnat johtavat. Kolmas vaihe tutkimuksesta on, että tulosten nojalla valitaan parhaalta tuntuva ratkaisu, jota pilotoidaan pienessä mittakaavassa. Jos tulokset ovat rohkaisevia, vasta tämän jälkeen voidaan tehdä laajempi reformi.

Kun ongelma asetellaan näin, havaitaan että hiilipörssin ajatuksena on tehdä hiilinieluista ja päästövähennyksistä yhteismitallisia, ja ratkaista yhden mekanismin avulla kaksi ongelmaa: hiilinielujen lisääminen ja päästövähennyksien aikaansaaminen. On selvä, että hiilinielut ja niiden vahvistaminen on tärkeä osa ilmastopolitiikkaa. Taloustieteen kuuluisan Tinbergen-säännön mukaan tarvitaan kuitenkin vähintään yhtä monta mekanismia kuin on ongelmiakin. On syytä kysyä, onko hiilinielujen edistäminen ja päästöjen vähentäminen lopulta yhteismitallistettava yhden mekanismin alle, vai tarvitsisiko hiilinielujen lisääminen kokonaan uudenlaisen, päästövähennyksistä poiskytketyn mekanismin. EU:n ratkaisu erottaa maankäyttö ja päästökauppa omiksi pilareikseen on syrjäyttänyt tämän teeman pois tutkimuksen piiristä. Hiilipörssialoitteet osoittavat, että teeman tutkimus on enemmän kuin tarpeellinen.

Tiivistämme lopuksi teemaan liittyvät tärkeimmät tutkimushavainnot. Näiden havaintojen ja peruseriaatteiden nojalta voisi lähteä rakentamaan asiaan liittyvää laajempaa tutkimushanketta.

Mikäli hiilinieluhyvitykset otettaisiin hiilipörssi-ajatuksen mukaisesti mukaan joko päästökauppajärjestelmään tai kansallisten velvoitteiden saavuttamiseen, tulisi päästökatto ja velvoitteita tiukentaa merkittävästi nykyisestä. EU ETS:n päästökatto on viimein saatu uudistusten jälkeen tasolle, joka ainakin lyhyellä aikavälillä ohjaa investointeja kohti hiili-neutraaliustavoitetta. Järjestelmän merkittävä muuttaminen aiheuttaisi luultavasti uuden opetteluaiheen.

Hiilinieluhyvitysten tulee olla seurausta lisäisistä hiilinieluista, sillä hyvittäminen perusuralla tapahtuneista hiilinieluista johtaisi aiempaa löysempään ilmastopolitiikkaan. Lisäistä hiilinielua ei voi mitata luonnontieteellisin menetelmin, koska perusura on mallinnettava esimerkiksi taloustieteellisten mallien avulla. Hiilinieluhyvitysten hyväksymiseen liittyy lisäksi transaktiokustannuksia, jotka ovat tähän mennessä toteutetuissa järjestelmissä johtaneet siihen, että vain suurtilalliset ovat liittyneet järjestelmiin. Näistä kalleimmat liittyvät kirjanpitojärjestelmän luomiseen ja perusuran hankekohtaiseen laskelmaan. Mittaukseen liittyvät ongelmat ovat helpommin ja halvemmin ratkaistavissa.

Vapaaehtoisen hiilinieluhuvelyjärjestelmän osalta merkittävä puute on siitä seuraava hiilivuoto. Vain pakollinen, kaikkia sitova hiilinielupolitiikka estää hiilivuotoilmiön. Hiilivuotoilmiö liittyy ensisijaisesti sellaiseen metsäpolitiikkaan, joka vähentää puun tarjontaa lyhyellä aikavälillä. Ilmiö ei liity niin vahvasti joutomaan uudelleenmetsitykseen, joten tähän tähtäävä huvelyjärjestelmän olisi helpommin perusteltavissa siinäkin tapauksessa, että kaikki toimijat (maan sisällä ja ulkopuolella) eivät olisi mukana järjestelmässä. Suomen osalta tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi tukijärjestelmää, joka tähtäisi käyttämättömän ja huonotuottoisen maatalousmaan metsittämiseen. Kansallinen järjestelmä ei kuitenkaan voisi tuottaa hiilinieluhuvelyksiä velvoitemarkkinoille, vaan tukijärjestelmä voisi olla rahallinen tuki. Tuki voitaisiin asettaa joko laskennallisen hiilinielun perusteella, tai yksinkertaisesti metsittämisen kustannusten perusteella.

Hiilinieluhuvelyksiin liittyy aina pysyvyysoongelma. Ongelma voidaan ratkaista vaatimalla pysyvyyttä eli käytännössä pitkiä velvoitekausia hiilinielun ylläpitämiseen suhteen. Toisena vaihtoehtona on laskea väliaikaisen hiilinielun hyöty ja luovuttaa hiilinieluhuvelyksiä tämän hyödyn mukaan. Jälkimmäiseen vaihtoehtoon liittyy ongelma oikean diskonttoron valitsemisessa sekä hiilen hintauran arvioimisessa.

Tähän mennessä käynnissä olevat järjestelmät, joissa hiilinieluhuvelytykset ovat mukana joko itse järjestelmässä tai niitä on mahdollista tuoda järjestelmään, eivät tarjota onnistuneita vertailukohtia EU:n ilmastopolitiikan uudistamiselle. Kalifornian järjestelmässä on merkittävä riski siihen, että hiilinieluhuvelytyksiä on myönnetty liikaa suhteessa hiilivuotoriskiin. Uuden-Seelannin järjestelmässä mukaanotto päästökauppajärjestelmään ei ole ainakaan lyhyellä aikavälillä onnistunut lisäämään hiilinielua perusuraan verrattuna.

Hiilipörssi-ajatukseen sisältyvä kansainvälisten päästöyksiköiden tai hiilinieluhuvelytysten mukaanotto on tämän hetken trendiä vastaan, jossa kansainvälisiin huvelytyksiin liittyvä politiikka on velvoitteiden osalta jatkuvasti tiukentumassa. Syitä ovat muun muassa ongelmat liittyen ylitarjontaan, joka johtuu osaltaan liian löysistä päästökatoista ja velvoitteista. Aikaisempia järjestelmiä ovat leimanneet huonosti suunnitellut kannustimet, lisäisyyden puute ja kaksoislaskentaongelmat. Toisaalta kansainvälisten päästöyksiköiden poistuminen velvoitemarkkinoilta johtaa siihen, että vapaaehtoinen päästökompensointi ja velvoitteita tiukempi politiikka voidaan saavuttaa ostamalla ja mitätöimällä kansainvälisiä päästöyksiköitä ja hiilinieluhuvelytyksiä. Tämä luo mahdollisuuksia vapaaehtoisia päästökompensatioita hyödyntäville aloitteille.

Euroopan ja Suomen osalta on olemassa linkki vain hiilinielujen ja taakanjakosektorin välillä. Mikäli Suomen LULUCF-hiilinielut ovat korkeammat kuin vertailutason nielut, voi tätä laskennallista ylijäämää käyttää korvaamaan taakanjakosektorilla tehtäviä päästövähennyksiä. Linkki on rajoitettu 1.3 %:n suuruiseksi verrattuna vuoden 2005 taakanjakosektorin päästöihin. Suomen osalta aktiivisella hiilinielupolitiikalla voidaan siis varmistaa se, ettei

LULUCF-sektorin päästöjä jouduta korvaamaan taakanjakosektorin entistä kovemmilla ponnistuksilla, ja se, että LULUCF-sektorilta voisi saada apua taakanjakosektorin velvoitteiden täyttymiseen.

## Lähteet

- Anderson, Christa; Field, Christopher; Mach, Katharina, 2017. Forest offsets partner climate-change mitigation with conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment* vol. 15, pp. 359-365.
- Anttonen, Mika, 10.12.2018. Ilmastotoimien vaikuttavuus ja skaalautuvuus, A public speech in a Government panel discussion: "Suomalaisia ilmastotekoja – enemmän ja nopeammin"
- Anttonen, Mika, 13.6.2019, Hiilen markkinapaikka mahdollistajana. A public speech in a seminar "Hiilinielut – Mittauksista päätöksentekoon ja markkinoille", Finlandia-talo, Helsinki, 13.6.2019.
- ARB, 30.5.2019. U.S. Forest Offset Projects. May 30, 2019.
- Cacho, Oscar; Lipper, Leslie; Moss, Jonathan, 2013. Transaction costs of carbon offset projects: A comparative study, *Ecological Economics*, vol. 88, pp. 232-243.
- Cames, Martin ym., 2016. How additional is the Clean Development Mechanism? Analysis of the application of current tools and proposed alternatives. Study prepared for DG CLIMA, [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/clean\\_dev\\_mechanism\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/clean_dev_mechanism_en.pdf), visited 06.05.2019
- Carver, Tom; Dawson, Patrick; Kerr, Suzi, 2017. Including forestry in an emissions trading scheme: Lessons from New Zealand. Available at SSRN 3015082 (2017).
- CLC, Climate Leadership Coalition, 13.06.2018, Call for the European Union to Update Targets For Net-zero Greenhouse Gas Emissions, A public statement
- CLC, 2019. CLC websites, [www.clc.fi](http://www.clc.fi), visited 29.04.2019
- CLC, 11.6.2019. CLC Position Paper – Proposals and background material.
- Compensate, 2019. Compensate websites, [www.compensate.com](http://www.compensate.com), visited 29.04.2019
- Delbeke, Jos; Vis, Peter, 2015. European Climate Policy Explained. [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu\\_climate\\_policy\\_explained\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu_climate_policy_explained_en.pdf) visited 30.04.2019
- Diaz-Rainey, Ivan; Tulloch, Daniel, 2016. Carbon Pricing in New Zealand's Emissions Trading Scheme. Available at SSRN 2759284 (2016).
- European Commission, 2010. Analysis of options to move beyond 20% greenhouse gas emission reductions and assessing the risk of carbon leakage. Background information and analysis, Part II. Commission Staff Working Document Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- EU, 2018. LULUCF regulation 2018/841, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:O-J.L.\\_2018.156.01.0001.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:O-J.L._2018.156.01.0001.01.ENG), visited 30.04.2019
- EU, 2019a. EU Long-Term Strategy. [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en), visited 29.04.2019
- EU, 2019b. Use of international credits. [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/credits\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/credits_en), visited 06.05.2019
- FAO (Food Agric. Organ.). 2014. Climate change and forests. Rep., For. Dep. Food Agric. Organ., New York. <http://www.fao.org/docrep/003/y0900e/y0900e06.htm>, visited 29.04.2019
- Galik, Christopher; Cooley, David; Baker, Justin, 2012. Analysis of the production and transaction costs of forest carbon offset projects in the USA. *Journal of environmental management* vol. 112, pp. 128-136.
- Gan, Jianbang; McCarl, Bruce, 2007. Measuring transnational leakage of forest conservation, *Ecological Economics*, vol. 64, pp. 423-432.
- Haya, Barbara, 2018. The size of California's Carbon offset Program. Fact Sheet, Prepared for California Institute for Energy and Environment.
- Haya, Barbara, 2019. ARB's U.S. Forest projects offset protocol underestimates leakage – preliminary results. Policy Brief, University of California, Berkeley.
- Kaipainen, Jaana, 2018. EU:n LULUCF asetukset ja metsien vertailutaso, Vertailutason julkistamistilaisuus 12.12.2018, [https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/12/vertailutaso\\_tiedotustilaisuus-12.12\\_Kaipainen\\_Jaana.pdf](https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/12/vertailutaso_tiedotustilaisuus-12.12_Kaipainen_Jaana.pdf)
- Kerchner, Charles; Keeton, William, 2015. California's regulatory forest carbon market: Viability for northeast landowners. *Forest Policy and Economics* vol. 50, pp. 70-81.
- Kim, Man-Keun; McCarl, Bruce; Murray, Brian, 2008. Permanence discounting for land-based carbon sequestration, *Ecological Economics* vol. 64, pp. 763-769.
- Kulmala, Markku, 05.04.2019, Hiilinielu ja CarbonSink+: Ilmastomuutoksen hillintä ja rohkeus päätöksiin. A presentation in University of Helsinki panel discussion: "Hiilineläminen Suomessa ja hiilinielujen merkitys ilmastokestävälle yhteiskunnalle"
- Kulmala, Markku; Kalliokoski, Tuomo, 2019. Conclusions and further steps. Raportissa Carbon sink and CarbonSink+: from observations to global potential. [https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/carbon\\_sink\\_and\\_carbonsink\\_from\\_observations\\_to\\_global\\_potential\\_13052019.pdf](https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/carbon_sink_and_carbonsink_from_observations_to_global_potential_13052019.pdf), visited 15.5.2019
- LUKE, 2018. EU:n LULUCF-asetuksen mukainen arvio Suomen metsien hiilinielutasosta 2021–2025 on valmistunut, Tiedote 12.12.2018, <https://www.luke.fi/uutiset/eun-lulucf-asetuksen-mukainen-arvio-suomen-metsien-hiilinielutasosta-2021-2025-on-valmistunut/>

- Leining, Catherine; Kerr, Suzi, 2016. Lessons learned from the New Zealand emissions trading scheme. No. 16.06. 2016. New Zealand Ministry of Environment reports.
- Manley, Bruce, 2016. Afforestation responses to carbon price and market uncertainties. University of Canterbury Working Paper, <https://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/media/Climate%20Change/Afforestation%20responses%20to%20carbon%20price%20changes%20and%20market%20certainties.pdf>, visited 06.05.2019
- Marland, Gregg; Fruit, Kristy; Sedjo, Roger, 2001. Accounting for sequestered carbon: the question of permanence, *Environmental Science & Policy* vol. 4, pp. 259-268.
- Marland, Eric ym, 2017. Understanding and Analysis: The California Air Resources Board Forest Offset Protocol. Springer International Publishing
- Mason, Chales; Plantinga, Andrew, 2013. The additionality problem with offsets: Optimal contracts for carbon sequestration in forests, *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 66, pp. 1-14
- Michaelowa, Alex et al., 2019. Overview and comparison of existing carbon crediting schemes. Nordic Initiative for Cooperative Approaches.
- Murray, Brian; McCarl, Bruce; Lee, Heng-Chi, 2004. Estimating Leakage From Carbon Sequestration Programs, *Land Economics*, vol. 80, pp. 109-124
- Nabuurs, Gert-Jan; Arets, Erik; Schelhaas, Mart-Jan, 2018. Understanding the implications of the EU-LULUCF regulation for the wood supply from EU forests to the EU. *Carbon balance and Management*, vol. 18, pp. 13-18
- Nepal, Prakash ym., 2013. Forest carbon benefits, costs and leakage effects of carbon reserve scenarios in the United States, *Journal of forest economics*, vol. 19, pp. 286-306.
- Ollila, Jorma, 10.12.2018, A public speech in a Government panel discussion: "Suomalaisia ilmastotekoja – enemmän ja nopeammin"
- Pihlainen, Sampo; Tahvonen, Olli; Niinimäki, Sami, 2014. The economics of timber and bioenergy production and carbon storage in Scots pine stands. *Canadian Journal of Forest Research*, vol 44, pp: 1091-1102.
- Ramo, Alan, 2014. The California offset game: Who wins and who loses." *Hastings W.-Nw. J. Env't'l L. & Pol'y* vol. 14, pp. 108-156
- Schneider, Lambert; Kollmuss, Anja; Lazarus, Michael, 2015. Addressing the risk of double counting emission reductions under the UNFCCC. *Climatic Change* vol. 131, pp. 473-486.
- Schneider, Lambert; Kollmuss, Anja, 2015. Perverse effects of carbon markets on HFC-23 and SF 6 abatement projects in Russia. *Nature Climate Change* vol. 5, pp. 1061-1065
- Silbye, Frederik; Sorensen, Peter, 2018. Towards More Efficient European Carbon Market. Danish Council on Climate Change working paper.
- Sipilä, Juha, 12.12.2018, Pääministeri Juha Sipilän puhe eduskunnan ajankohtaiskeskustelussa EU:n tulevasta kehityksestä, A speech in the Parliament
- St1, 13.07.2019, Scientists developing an international measuring concept for carbon sequestration in afforestation to slow down climate change, St1 Press Release
- Tahvonen, Olli; Rautiainen, Aapo, 2017. Economics of forest carbon storage and the additionality principle, *Resource and Energy Economics*, vol. 50, pp: 124-134
- Uuden-Seelannin Ympäristöministeriö, 2018. Treatment of pre-1990 forests in the New Zealand Emissions Trading Scheme. Ympäristöministeriön julkaisu, <http://www.mfe.govt.nz/publications/climate-change/treatment-pre-1990-forests-new-zealand-emissions-trading-scheme-0>
- Uuden-Seelannin Ympäristöministeriö, 2019. Environment Aotearoa 2019, <http://www.mfe.govt.nz/node/24964/>, visited 06.05.2019
- Van Kooten, Gerrit; Johnson, Craig, 2016. The Economics of Forest Carbon Offsets, *Annual Review of Resource Economics*, vol. 8, pp. 227-246
- Wunder, Sven; Engel, Stefanie; Pagida, Stefano, 2008. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries, *Ecological Economics*, vol. 65, pp. 834-852





**Viimeisen vuoden** aikana julkisuuteen on tullut uusia hiilipörsseihin liittyviä aloitteita. Hiilipörssit ovat kauppajärjestelmiä, joissa käydään kauppaa päästöyksiköiden lisäksi hiilinieluista saatavilla hiilinieluhyvityksillä.

Raportissa tarkastellaan hiilinieluhyvityksiin ja hiilipörssiehdotuksiin liittyviä kysymyksiä taloustieteen näkökulmasta. Näitä ovat muun muassa hiilinieluhyvitysten ilmastollinen integriteetti ja markkinoiden taloudellisten instituutioiden ja käytäntöjen muodostaminen niin, että ne tukevat integriteettiä. Ilmastollisen integriteetin kannalta tärkeitä seikkoja ovat hiilinieluhyvitysten lisäisyys ja pysyvyys, hiilinieluhyvitysten ja päästöoikeusyksiköiden vastavuus ja hiilivuoto.

